

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie



UNIVERSITE
Abdelhamid Ibn Badis
MOSTAGANEM

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Production et Biotechnologie Animales

THESE

PRESENTEE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE
DOCTORAT 3^{ème} CYCLE LMD

Par

M DOUBBI BOUNOUA Lahcen

**Systèmes d'affouragement pour vaches laitières dans la région
de Mostaganem : impact sur la production et la qualité du lait**

Soutenue publiquement le : 12/10/2026

Membres du jury

BOUDEROUA Kaddour	Professeur	Président	Université de Mostaganem
HOMRANI Abdelkader	Professeur	Directeur de Thèse	Université de Mostaganem
DAHOU Abdelkader El Amine	MCA	Co-Directeur	Université de Mostaganem
BENAMEUR Qada	MCA	Examineur	Université de Mostaganem
SASSI Elhachemi	MCA	Examineur	Université de Tiaret
YEROU Houari	Professeur	Examineur	Université de Mascara

Laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animale

Année universitaire : 2025-2026

REMERCIEMENTS

A DIEU, LE TOUT PUISSANT, pour nous avoir accordé la Santé et les Forces qu'il fallait pour vaincre tous les obstacles et dépasser toutes les difficultés pour réaliser cette thèse.

Le travail présenté dans cette thèse a été réalisé au Laboratoire de recherche des Sciences et Techniques de Production Animale du département des Sciences Agronomiques de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, de l'Université Abdelhamid IBN BADIS de Mostaganem, sous la direction du Professeur HOMRANI Abdelkader, à qui j'adresse ma plus grande gratitude, pour sa disponibilité et la confiance qu'il m'a accordé. J'ai profité de sa solide expérience dans le domaine de la Biotechnologie et de la Production Animale et de son savoir-faire dont j'ai pu bénéficier au cours de nombreuses occasions. J'aimerais aussi le remercier pour l'autonomie qu'il m'a accordé, et ses précieux conseils qui m'ont permis de mener à bien ce travail.

Je voudrais remercier, le Co-Directeur de thèse Dr DAHOU Abdelkader El Amine, pour sa rigueur scientifique, sa patience, sa disponibilité et surtout sa générosité et ses innombrables conseils et orientations qui ont contribué à alimenter ma réflexion et à réaliser mon projet.

Je vous suis particulièrement reconnaissant pour l'accompagnement attentif dont vous avez fait preuve durant mes recherches. Je garderai de vous le souvenir d'un maître dévoué, marqué par une éthique de travail exemplaire et une grande générosité d'esprit.

A tous les membres du jury, je vous prie de trouver ici, honorables membres, l'assurance de mon éternelle reconnaissance et de mes sincères remerciements.

Mes sincères remerciements s'adressent au Professeur BOUDEROUA Kaddour, qui me fait l'honneur de présider ce jury. Je lui exprime toute ma reconnaissance pour avoir accepté de juger ce travail et pour la pertinence de son regard scientifique.

Que l'ensemble des membres du jury trouve ici l'expression de ma vive reconnaissance. Je remercie tout particulièrement Dr BENAMEUR Qada, Dr SASSI Elhachemi et Pr YEROU Houari pour l'intérêt qu'ils ont porté à cette thèse et pour le temps consacré à son évaluation.

Je remercie également toute l'équipe de la formation doctorale de la spécialité Biotechnologie et Production Animales, du domaine des Sciences Agronomiques et les intervenants spécialistes, responsables de ma formation, pour avoir assuré le programme théorique de celle-ci. À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mes recherches pour la réalisation de cette thèse.

Je remercie aussi les structures qui ont collaboré avec le laboratoire LSTPA pour la réalisation de certaines analyses relatives à cette étude : SARL AGRO-HEALTH de Sidi-Belabbès, Laboratoire vétérinaire régional de Mostaganem et la SARL COFEED UAB El Ghomri, Mascara.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes, pour leur aide dans la réalisation de cette thèse, en particulier :

Monsieur le Directeur des Services Agricoles de la Wilaya de Mostaganem.

Monsieur le Responsable de l'Inspection Vétérinaire des Services Agricoles de la Wilaya de Mostaganem.

A toute la famille des Services Agricoles et de la chambre d'agriculture de la wilaya de Mostaganem.

Monsieur le Directeur du Laboratoire Régional Vétérinaire de Mostaganem.

Monsieur le Directeur du contrôle et de l'assurance qualité de la Sarl HODNA-LAIT.

Monsieur le Directeur Général de AFAK Contrôle de Qualité Oran.

Monsieur le Président Directeur Général de la Filiale le littoral Mostaganem du Groupe GIPLAIT.

A tous les enseignants du département des Sciences Agronomiques qui m'ont formé sans oublier le défunt Professeur HALBOUCHE Miloud. Le temps passe, mais l'amour d'un grand professeur demeure, immuable, éternel.

Dr TAHLAITI Hafida qui m'a beaucoup orienté dans ma démarche expérimentale. Elle a partagé ses connaissances et expériences dans l'approche méthodologique.

A toutes les cheffes d'équipe du laboratoire LSTPA pour leur soutien.

Messieurs HACHEMI Sassi et BELABBES Mohamed, pour m'avoir accordé des entretiens et avoir répondu à mes questions sur la spécialité, ainsi que leur expérience personnelle. Ils ont été d'un grand soutien dans l'élaboration de cette thèse.

M BOUKHATEM Nabil, le responsable de la ferme expérimentale et M BENHARRAT Noureddine, ingénieur au Laboratoire de recherche LSTPA, de l'Université de Mostaganem : vos contributions ont été capitales pour l'aboutissement de ce travail.

Tous les éleveurs et les propriétaires des exploitations laitières qui m'ont bien accueilli et ont beaucoup collaboré pour la réalisation du projet doctoral. Vous m'avez bien aidé, et encouragé dans mon travail. Les moments passés ensemble m'ont permis de découvrir en vous l'exemple de la bienveillance, de la simplicité, de la sympathie. Veuillez trouver ici l'assurance de ma sincère reconnaissance et de ma profonde admiration.

A mes camarades Doctorant BEKIHALL Amin et Doctorantes de la formation pour leurs soutiens sans faille et leurs conseils.

Je n'oublie pas tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce travail.

Mes parents, ma famille et mes proches, pour leur soutien constant et leurs encouragements.

Table des matières

Remerciements	1
Résumé	10
Abstract.....	11
ملخص	12
Liste des abréviations	13
Liste des figures	15
Liste des tableaux	16
Introduction.....	18
1ERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	22
Chapitre I : Alimentation de la vache laitière	23
1. Aliment et composition.....	23
1.1 Aliments sources d'énergie	25
1.1.1 Fourrages.....	24
1.1.1.1-Fourrages naturels	24
1.1.1.2-Fourrages cultivés	25
1.1.2 Céréales et leurs issues	27
1.1.3 Aliments composés concentrés.....	26
1.2 Sources de minéraux	26
1.3 Sources de vitamines.....	27
2. Productions fourragères en Algérie	27
2.1. Superficies fourragères	27
2.2- Rendement fourrager.....	30
2.3- Calendrier fourrager.....	32
3. Rationnement de la vache laitière	33
3.1. Principe du rationnement	34
3.2. Ration en production laitière	34
3.2.1. Ration complète	34
3.2.2. Ration semi-complète.....	35
3.2.3. Ration avec complémentation individualisée	35
3.2.4. Ration par lot.....	36
3.3 Calcul des rations	36
3.3.1. Apports nutritifs cumulés	36
3.3.2. Détermination des apports nutritifs de la ration de base	37
3.3.3. Correction d'équilibre.....	38
4. Notions d'unités d'alimentation chez la vache laitière : Dépenses et besoins	39
4.1. Notion d'unités d'alimentation	39
4.2. Dépenses et besoins	40
4.2.1 Dépense :	41
4.2.1.1-Dépenses d'entretien :	41
4.2.1.2-Dépenses de production :	41
4.2.2. Besoins	41

Chapitre II : Efficacité de l'alimentation de la vache laitière	1
1. Enquête et suivi des pratiques alimentaires	1
1.1 Approche systémique ou par catégorie	1
1.1.1-Définition	1
1.1.2 Système de production animale	2
1.1.2.1-Système d'élevage.....	2
a - Elevages pastoraux	2
b - Elevages mixtes.....	3
c - Elevages industriels	3
1.1.2.2 Système fourrager	3
1.2 Enquête pour l'analyse des pratiques alimentaires	4
2- Évaluation des pratiques alimentaires	5
2.1- Optimisation de la ration	5
2.2- Évaluation du rationnement.....	6
2.3- Évaluation de l'efficacité alimentaire	8
2.3.1 Définition	8
2.3.2- Mesure de l'efficacité alimentaire	8
2.3.3- Critères de mesure de l'efficacité alimentaire	9
2.4- Déterminants biologiques de l'efficacité alimentaire	55
2.4.1- Considérations générales	10
2.4.2- Déterminants digestifs	11
2.4.3- Déterminants métaboliques généraux.....	11
2.4.4- Déterminants du métabolisme énergétique.....	11
2.5- Indicateurs de l'efficacité alimentaire	12
2.5.1- Temps de rumination	12
2.5.2-Remplissage du rumen.....	12
2.5.3- Etat corporel.....	13
2.5.4- Matières fécales	14
2.6. Indicateurs du bien-être-animal des vaches laitières.....	15
2.6.1- Considérations générales	15
2.6.2- Motricité.....	16
2.6.3- Réformes	16
2.6.4-Mammmites	16
2.6.5- Etat d'engraissement.....	16
2.6.6- Confort.....	17
2.6.7- Comportement du troupeau	17
2.7- Paramètres biochimiques sanguins	17
2.7.1- Considérations générales	17
2.7.2-Glycémie.....	62

2.7.3- β -hydroxybutyrate.....	18
2.7.4- Acides gras non estérifiés	18
2.7.5- Urée.....	19
2.7.6- Protéines plasmatiques.....	19
2.7.7- Enzymes hépatiques.....	19
2.7.8-Macroéléments minéraux.....	19
2.7.8.1-Calcium	20
2.7.8.2- Phosphore.....	20
Chapitre III : Production et qualité du lait	21
1-Production et élaboration du lait	21
1.1- Reproduction et production laitière	22
1.1.1 Critères de reproduction	22
1.1.2 Cycle sexuel.....	22
1.1.3 Génétique	22
1.2- Lactation et synthèse du lait.....	67
1.2.1- Lactation.....	67
1.2.2- Structure de la mamelle.....	67
1.2.3- Synthèse du lait.....	67
1.2.4- Contrôle de la lactogénèse.....	68
1.3-Cycle de production laitière	23
1.3.1- Courbe de lactation	23
1.3.2- Facteurs de variation de la lactation	24
1.3.2.1- Considérations générales.....	24
1.3.2.2- Facteurs liés à l'animal	25
- Race	25
- Le rang de lactation	26
-Etat corporel	26
-État de santé.....	26
1.3.2.3- Facteurs liés à la conduite d'élevage	26
-Taux butyreux	72
-Taux protéique.....	27
-Rapport TB – TP	72
-Nombre de traite	28
1.3.2.4- Facteurs liés à l'environnement	28
- Climat	28
-Saison de vêlage	28
-Habitat et hygiène de l'environnement.....	29
2-Qualité du lait.....	29
2.1- Effet des conditions de la traite	29
2.2- Critères physico-chimiques et microbiologiques.....	29
2.2.1- Critères d'agrèage physico-chimique	29
2.2.2-Critères d'agrèage microbiologique	32
2.2.3-Autres critères d'agrèage	35

3. Aptitude du lait à la transformation	36
4. Fromageabilité du lait	37
2 ^{ème} PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE	39
Chapitre I : Présentation de la région d'étude et méthodologie.....	40
1. Cadre et objectifs de l'étude	40
2. Potentialités de la région d'étude.....	41
2.1- Situation géographique.....	41
2.2- Limites géographiques :.....	41
2.3- Population de la wilaya :.....	41
2.4- Caractéristiques naturelles et conditions climatiques	41
2.4.1- Caractéristiques naturelles	41
2.4.2- Conditions climatiques	43
2.4.2.1- Climat.....	43
2.4.2.2- Précipitations.....	43
2.4.2.3- Température	43
2.4.2.4- Vent.....	44
2.4.2.5- Gelées.....	44
2.5 Type des sols des zones agricoles du plateau Mostaganemois	45
2.6- Ressources hydriques.....	45
2.7 Agriculture et élevage de la région d'étude	45
2.7.1- Potentialités agricoles :	45
2.7.2- Surfaces agricoles utile et totale :	45
2.7.3- Exploitations agricoles individuelles et exploitations agricoles collectives	46
2.7.4- Productions agricoles	46
2.7.4.1- Productions végétales.....	46
2.7.4.2 Productions animales.....	46
3. Méthodologie d'enquête	48
3.1- Techniques d'enquête	48
3.1.1- Critères de choix de la zone d'étude	48
3.1.2- Déroulement de l'enquête	50
3.1.3- Traitements des données et catégorisation des exploitations.....	50
3.2 Pratique de la conduite alimentaire	51
3.2.1 Rationnement	96
3.2.2 Concentrés.....	52
3.2.3 CMV.....	52
3.2.4 Abreuvement.....	97
4. Analyses physico-chimiques des aliments et estimation de la MSI	52
5. Évaluation des besoins.....	53
5.1- Pour son entretien	54
5.2- Pour la production	54
6. Efficacité alimentaire.....	55
6.1 Valeurs d'encombrement des rations et capacités d'ingestion des animaux	55
6.1.1 Évaluation des valeurs d'encombrement des rations	55
6.1.2 Détermination de la capacité d'ingestion.....	55

6.1.3 Calcul des valeurs alimentaires des aliments consommés	56
6.1.4 Calcul de l'efficacité alimentaire	56
6.1.4.1 Méthode de calcul de l'efficacité alimentaire de la matière sèche ingérée	56
6.1.4.2 Méthode de calcul de l'efficacité alimentaire énergétique	57
6.1.4.3 Méthode de calcul de l'efficacité alimentaire azotée	57
7. Autonomie alimentaire des exploitations	58
8. Indicateurs de l'évaluation alimentaire	58
8.1- Temps de rumination	58
8.2- Score de remplissage du rumen et notation de l'état corporel	59
8.3- Matières fécales	60
8.4- Évaluation du bien-être animal	60
9. Paramètres biochimiques sanguins	62
10. Production laitière et performance	63
11. Qualité des laits	63
11.1 Collecte des échantillons du lait et préparation des analyses	63
11.2- Qualité microbiologique	64
11.3- Qualité physico-chimique	66
11.4- Autres critères de qualité des laits	69
11.4.1- Résidus d'antibiotiques	69
11.4.2- Urée dans le lait	70
11.4.3- Dénombrement des cellules somatiques dans le lait	71
11.4.4- Lactofermentation des laits	72
12- Typologie de la qualité laitière et potentiel de transformation	117
13- Corrélations physiologiques entre précurseurs sanguins et synthèse lactée	119
14- Traitement statistique des résultats	120
Chapitre II : Résultats et Discussion	76
1. Résultats de l'enquête	76
1.1- Caractérisation générale des exploitations laitières étudiées	76
1.2- Caractérisation des catégories identifiées	77
1.2.1- Catégorie 1	77
1.2.2- Catégorie 2	77
1.2.3- Catégorie 3	77
1.3- Caractéristiques et principaux enseignements des catégories identifiées	78
1.4- Typologie des intégrations fourragères	82
1.5- Étude de la conduite alimentaire	83
1.6- Systèmes d'affouragement pratiqués	89
1.6.1 Étude selon la ration distribuée	89
1.6.1.1- Catégorie 1	89
1.6.1.2- Catégorie 2	90
1.6.1.3- Catégorie 3	91
1.6.2 Adéquation entre l'ingestion réelle et la ration distribuée	92
2. Compositions chimiques et valeurs alimentaires des aliments	138
3. Valeur alimentaire de la ration, besoins des animaux et écarts	99
3.1 MSI et apport nutritionnel de la ration	99
3.1.1 Matière Sèche Ingérée	99

3.1.2 Energie	101
3.1.3 Protéines	102
3.1.4 Minéraux	103
3.1.4.1 Calcium	103
3.1.4.2 Phosphore	103
3.2 Évaluation des besoins par catégorie	104
3.3 Comparaison des apports et des besoins et conséquences sur la production	104
4. Abreuvement des vaches laitières en production :	105
5- Efficacité alimentaire	105
5.1- Efficacité de la matière sèche ingérée MSI	105
5.2 Efficacité alimentaire énergétique	106
5.3 Efficacité alimentaire azotée	107
6. Autonomie alimentaire des exploitations	109
7. Indicateurs de l'évaluation alimentaire	112
7.1. Temps de rumination	112
7.2. Score de remplissage du rumen « SRR » et note d'état corporel « NEC ».....	114
7.2.1- Score de remplissage du rumen	114
7.2.2- NEC	115
7.3Matières fécales.....	119
7.4Évaluation du bien-être animal	120
7.4.1- Bonne Alimentation	120
7.4.2 Logement approprié	120
7.4.3 Bonne Santé	121
7.4.4 Comportement Approprié	123
8. Paramètres biochimiques sanguins	124
8.1- Glycémie.....	125
8.2- Triglycérides	125
8.3- Cholestérol.....	125
8.4- Evaluation du statut azoté	126
8.4.1- Protéines totales et albiméne	126
8.4.2 Urée	127
8.4.3 Créatinine	127
8.5- Minéraux.....	127
8.5.1- Calcium.....	127
8.5.2- Phosphore.....	128
9.Production laitière et performance.....	129
10.Qualité des laits.....	179
10.1-Qualité microbiologique des laits	179
10.2- Qualité physico-chimique des laits	186
10.2.1- Extrait sec total	186
10.2.2- Taux butyreux	186
10.2.3- Taux protéique	187
10.2.4- Lactose	188

10.2.5- Taux de mouillage	188
10.2.6- Teneur en matière minérale	189
10.2.7- pH.....	189
10.3 Autres critères de qualité des laits.....	191
10.3.1- Résidus d'antibiotiques.....	191
10.3.2- Urée dans le lait	193
10.3.3- Dénombrement des cellules somatiques dans le lait.....	194
10.3.4- Lactofermentation des laits	196
11- Typologie de la qualité et potentiel de transformation du lait.....	153
12- Corrélations physiologiques entre précurseurs sanguins et synthèse lactée	200
Conclusion	158
Références bibliographiques.....	161
Annexes	225
Annexe 01 : Questionnaire	226
Annexe 02 : Normes de qualité hygiénique et de conformité physico-chimique des laits.....	231
Annexe 03 : Tolérance et sensibilité minimale pour la détection des antibiotiques	233
Annexe 04 : Caractérisation des élevages.....	234

Résumé

L'alimentation joue un rôle primordial dans l'expression du plein potentiel de production des vaches laitières. Seule une gestion optimale de l'alimentation permet d'atteindre des performances de pointe à long terme et de manière durable en production laitière. Cette étude analyse la diversité des systèmes d'affouragement des bovins laitiers en conditions réelles d'élevage et leur impact sur la performance laitière. L'objectif est double : établir une typologie des pratiques alimentaires au sein d'un échantillon d'exploitations de la région de Mostaganem (zone semi-aride de l'Ouest algérien), puis déterminer l'influence de ces pratiques sur le volume de production ainsi que sur la qualité physico-chimique des laits produits. Des enquêtes ont été menées dans 21 exploitations sélectionnées situées dans les quatre zones géographiques. Chaque enquête a été réalisée durant la phase de la lactation au cours de laquelle ont été mesurées les pratiques relatives à la conduite alimentaire des vaches laitières de race Prim'Holstein au même stade physiologique à travers l'analyse du rationnement, des indicateurs d'efficacité alimentaire et du bien-être animal. L'évolution de la production laitière et de la qualité des laits ont été analysés par des méthodes référentielles. Des données ont été prises sur le lait cru, le taux butyreux, le taux protéique, le lactose, la matière minérale, le dénombrement des microflores, le comptage des cellules somatiques, la présence des antibiotiques. Les résultats de l'évaluation alimentaire ont été établis et comparés avec les tables de composition et de valeur nutritive (INRAE, France) soit en fonction du niveau de production et du stade de lactation des vaches. L'évaluation des rations par observation directe complétée si c'est nécessaire par enquête a permis d'évaluer les apports en éléments nutritifs UFL, PDI, Ca, P, au niveau du troupeau. Les besoins ont été évalués et consolidés au niveau du lot physique en fonction des données zootechniques extraites des SNIG, complétés par les indicateurs de l'efficacité de la conduite alimentaire (état corporel, matières fécales). L'analyse statistique a permis de construire une typologie formée de trois catégories d'élevages. Les principales sources de variation sont surtout le rationnement diversifié et la surface fourragère réservée aux animaux. Les paramètres de qualité du lait sont variables et dans l'ensemble satisfaisants. Les variations du taux butyreux entre les trois catégories s'expliquent par les stratégies de production et de conduites alimentaires adoptées par chaque exploitation. Le taux protéique apparaît nettement plus stable que le taux butyreux. La qualité hygiénique et l'aptitude des laits à la transformation, conditionnés par les pratiques d'élevage, sont acceptable pour la catégorie 1 et insuffisante pour les catégories 2 et 3. Il ressort à travers cette étude qu'un accompagnement efficace au développement des pratiques alimentaires et des conditions d'élevage est capital à la pérennité de l'activité agro-élevage laitière au niveau de la région.

Mots clés : Affouragement, Bovin laitier, Typologie des systèmes, pratiques d'élevage, production et qualité du lait.

Abstract

Feed plays a vital role in enabling dairy cows to reach their full potential. Only optimal feed management can achieve long-term, sustainable top performance in dairy production. This project investigated the influence of feeding systems in dairy cattle herds, in all their diversity and under actual rearing conditions, on milk production and quality. The aim of this study was to analyze certain feeding practices on dairy cattle farms through a typology of a sample of dairy farms in Algeria's western semi-arid zone, in the Mostaganem region, and to explain their influence on milk production and milk quality. Surveys were conducted on 21 selected farms located in the four geographical areas. Each survey was carried out during the lactation phase, during which the feeding practices of Prim'Holstein dairy cows at the same physiological stage were measured through analysis of rationing, feed efficiency indicators and animal welfare. Changes in milk production and milk quality were analyzed using reference methods. Data was collected on raw milk, butyrous rate, protein rate, lactose, mineral matter, microflora count, somatic cell count, presence of antibiotics, etc. The results of the feed evaluation were established and compared with the composition and nutritional value tables (INRAE, France) according to the production level and lactation stage of the cows. This detailed description of rations by control-survey enabled us to assess nutrient intakes (UFL, PDI, Ca, P, etc.) for the herd or physical batch studied. Needs were evaluated and consolidated at the level of the physical batch according to zootechnical data extracted from SNIG, completed by indicators of feed efficiency (body condition, faeces, etc.). Statistical analysis enabled us to construct a typology comprising three categories of farms. The main sources of variation are diversified rationing and forage area reserved for the animals. Milk quality parameters are variable but on the whole satisfactory. Variations in milk yield between the three categories can be explained by the production and feeding strategies adopted by each farm. Protein content appears to be much more stable than butter content. Hygienic quality and suitability for processing, conditioned by rearing practices, are acceptable for category 1 and insufficient for categories 2 and 3. This study shows that effective support for the development of feeding practices and rearing conditions is crucial to the sustainability of agri-dairy farming in the region.

Key words: Feeding, Dairy cattle, System typology, Breeding practices, Milk production and quality.

تلعب الأعلاف دورًا حيويًا في تمكين أبقار الألبان من الوصول إلى إمكاناتها الكاملة. إن الإدارة المثالية للأعلاف هي وحدها القادرة على تحقيق أعلى مستوى من الأداء المستدام على المدى الطويل في إنتاج الحليب. درس هذا المشروع تأثير أنظمة التغذية في قطعان الأبقار الحلوب، بكل تنوعها وفي ظل ظروف التربية الفعلية، على إنتاج الحليب وجودته. كان الهدف من هذه الدراسة هو تحليل بعض ممارسات التغذية في مزارع الأبقار الحلوب من خلال تصنيف عينة من مزارع الألبان في المنطقة شبه الجافة الغربية بالجزائر، في منطقة مستغانم، وشرح تأثيرها على إنتاج ونوعية الحليب. أجريت تحقيقات في 21 مزرعة مختارة تقع في المناطق الجغرافية الأربع. أجريت الدراسة الاستقصائية خلال مرحلة الإنتاج، حيث تم قياس الممارسات المتعلقة بتغذية الأبقار الحلوب من سلالة Prim'Holstein في نفس المرحلة الفسيولوجية من خلال تحليل التغذية ومؤشرات كفاءة التغذية ورفاهية الحيوانات. تم تحليل التغيرات في إنتاج الحليب ونوعيته باستخدام الطرق المرجعية. تم جمع البيانات عن الحليب الخام، نسبة الدسم، نسبة البروتين، اللاكتوز، المادة المعدنية، عدد البكتيريا، عدد الخلايا الجسدية، وجود المضادات الحيوية، الخ. تم تحديد نتائج تقييم الأعلاف ومقارنتها مع جداول التركيب والقيمة الغذائية (INRAE, France) حسب مستوى الإنتاج ومرحلة الإنتاج للأبقار. الوصف التفصيلي للحصص الغذائية من خلال مسح المراقبة مكننا من تقييم مآخذ المغذيات (UFL، PDI، Ca، P، إلخ) للقطيع أو المجموعة التي تمت دراستها. تم تقييم الاحتياجات وتوحيدها على مستوى المجموعة وفقًا لبيانات تربية الحيوان المستخرجة من SNIG، مكتملة بمؤشرات كفاءة التغذية (تقييم حالة الجسم، والبراز، وما إلى ذلك). لقد مكننا التحليل الإحصائي من بناء تصنيف يضم ثلاث فئات من المزارع. المصادر الرئيسية للاختلاف هي التقنين المتنوع ومساحة العلف المخصصة للحيوانات. معايير جودة الحليب متغيرة ولكنها مرضية بشكل عام. يمكن تفسير الاختلافات في إنتاج الحليب بين الفئات الثلاث من خلال استراتيجيات الإنتاج والتغذية التي تعتمد على كل مزرعة. يبدو أن محتوى البروتين أكثر استقرارًا من محتوى الدسم. تعد الجودة الصحية والملاءمة للمعالجة والتحويل، المشروطة بممارسات التربية، مقبولة للفئة 1 وغير كافية للفئتين 2 و3. وتبين هذه الدراسة أن الدعم الفعال لتطوير ممارسات التغذية وظروف التربية أمر بالغ الأهمية لاستدامة مزارع الألبان الزراعية في المنطقة.

الكلمات المفتاحية: التغذية، الأبقار الحلوب، تصنيف الانظمة، ممارسات التربية، إنتاج الحليب وجودته.

Liste des abréviations

A.A	Acides Aminés
AGNE	Acides Gras Non Estérifiés
AGV	Acides Gras Volatils
ACP	Analyses en Composantes Principales
AOP	Appellation d'Origine Protégée
BCS	Body Condition Score
BEA	Bien Etre Animal
BHB	B Hydroxy-Butyrate
BLA	Bovin Laitier Amélioré
BLL	Bovin Laitier Local
BLM	Bovin Laitier Moderne
BPET	Bonnes pratiques d'élevage et de traite
CAH	Classification Ascendante Hiérarchique
CB	Cellulose Brute
CI	Capacité d'ingestion
CLA	Acide Linoléique Conjugué
CMV	Composé Minéral Vitaminé
CK	Créatine Kinase
DAC	Distributeur Automatique de Concentré
DE	Darm Eiwit du système Hollondais « Protéines Digestibles »
DF	Disponibilité Fourragère
DVE	Darm Verteerbaar Eiwit du système Hollondais « Protéines Digestibles dans l'Intestin »
E321	Butylhydroxytoluène
EA	Efficacité Alimentaire
EM	Energie Métabolisable
ESD	Extrait Sec Dégraissé
EST	Extrait Sec Total
FAO	Food and Agriculture Organization
FCE	Feed Conversion Efficiency
FCR	Feed Conversion Ratio
FIL	Fédération Internationale Laitière
GMQ	Gain Moyen Quotidien
IDF	International Dairy Ferderation
IFAW	International Fund for Animal Welfare
INRA	Institut National de Recherche Agronomique
LDL	Low Density Lipoprotein
LMR	Limite Maximale de Résidu
MAD	Matière Azotée Digestible
MADR	Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
MAT	Matière Azotée Totale
MF	Matière Fécale
MG	Matière Grasse
Mp	Moyenne de persistance

MP	Matière protéique
MS	Matière Sèche
MSI	Matière Sèche Ingérée
NEC	Note d'Etat Corporel
NDF	Neutral Detergent Fiber
OEB	Onbestendige Eiwit Balans (du système Hollandais) « Balance des Protéines dégradables »
P	Pluviométrie
PB	Protéines Brutes
PDI	Protéines Digestibles dans l'Intestin
PDT	Protéines Digestibles Totales
PL	Production Laitière
RFI	Residual Feed Intake
RG	Residual Gain
SAF	Surface Agricole Fourragère
SAT	Surface Agricole Totale
SAU	Surface Agricole Utile
SCC	Somatic Cell Count
SFU	Surface Fourragère Utile
SNIG	Système National d'Information Génétique
SRR	Score de Remplissage du Rumen
TB	Taux Butyreux
TP	Taux Protéique
TR	Temps de Rumination
UI/kg	Unité Internationale / kilogramme
UEL	Unité d'Encombrement Lait
UF	Unité Fourragère
UFL	Unité Fourragère Laitière
UK	United Kingdom
VEM	Voeder Eenheid Melk (du système Hollandais) Unité Fourragère Lait
VL	Vache Laitière
VLDL	Very Low Density Lipoprotein
WOAH	World Organization of Animal Health

Liste des figures

N°	Intitulé	Page
1	Répartition de la superficie fourragère nationale	27
2	Répartition de la superficie fourragère en zone littorale	28
3	Évolution des productions fourragères en Algérie	31
4	Différentes étapes du calcul des rations de vaches en pleine lactation	37
5	Relation entre les caractéristiques de l'animal et la ration alimentaire	41
6	Besoins des ruminants laitiers	42
7	Composantes d'un système fourrager	49
8	Notation et évolution idéale du rumen	58
9	Note d'état corporel	59
10	Courbe de lactation d'une vache laitière	69
11	Situation géographique des exploitations agricoles enquêtées	87
12	Pluviométrie moyenne mensuelle de la wilaya de Mostaganem 2021-2023	88
13	Température mensuelle moyenne de la wilaya de Mostaganem 2021-2023	89
14	Vitesse du vent de la wilaya de Mostaganem pour la période de 2021-2023	89
15	Équipement NIR de marque BRUKER FT-NIR SPECTROMETERMPA II	98
16	Lecture des microplaques du kit Delvotest T	115
17	Analyseur de l'urée CDR FoodLab®	116
18	Superficies fourragères des exploitations étudiées	121
19	Correspondances entre les superficies fourragères et pratiques alimentaires	129
20	Part des fourrages dans la ration par rapport aux normes alimentaires	132
21	Part des aliments céréaliers dans la ration par rapport aux normes alimentaires	132
22	Part des aliments concentrés dans la ration par rapport aux normes alimentaires	133
23	Représentation graphique des systèmes alimentaires	133
24	Comparaison des valeurs de matière sèche ingérée MSI	145
25	L'énergie permise par la ration	147
26	Evolution de l'efficacité alimentaire de la matière sèche ingérée	153
27	Efficacité alimentaire énergétique	154
28	Efficacité alimentaire azotée au niveau des 03 catégories	154
29	Autonomie et dépendance alimentaire au niveau des 03 catégories	157
30	Évolution de la production laitière moyenne quotidienne/vache/jour au niveau des 03 catégories d'exploitation durant la période 2022-2024	179
31	Évolution moyenne du dénombrement des cellules somatiques sur les laits des 03 catégories	196

Liste des tableaux

N°	Intitulé	Page
1	Répartition Générale des Terres	29
2	Evolution des superficies fourragères en Algérie	30
3	Evolution des productions fourragères en Algérie	31
4	Valeurs énergétiques et protéiques estimées des principaux aliments	40
5	Méthode de calcul de la capacité d'ingestion d'une vache	52
6	Variation des RFI selon les différents auteurs	55
7	Consistance des matières fécales	60
8	Production laitière par race	70
9	Productions laitières brutes par rang de lactation chez la Prim'Holstein	71
10	Potentialités hydrauliques de la wilaya de Mostaganem	90
11	Productions végétales de la wilaya de Mostaganem	91
12	Effectifs des principaux élevages de la wilaya de Mostaganem	92
13	Répartition du cheptel bovin exploité à Mostaganem	93
14	Exploitations retenues sur les 04 unités géographiques	94
15	Thèmes abordés et nature des variables utilisées	96
16	Barème d'appréciation du bien-être des troupeaux étudiés suivant les scores obtenus	107
17	Interprétation des résultats du test du CMT selon Canadian Bovine Mastitis Research	116
18	Caractéristiques qualitatives et valeur moyenne des variables des groupes identifiés	124
19	Résultats du test χ^2 et adéquation de la conduite alimentaire	129
20	Corrélation entre superficies fourragères et disponibilité fourragère	130
21	Plan alimentataire annuel de la catégorie 1	135
22	Plan alimentataire annuel de la catégorie 2	136
23	Plan alimentataire annuel de la catégorie 3	137
24	Composition chimique des aliments distribués durant l'année 2022-2023	144
25	MSI des aliments et de la ration par catégorie	145
26	Valeur UFL des aliments et des rations	146
27	PDI des aliments et des rations	147
28	Apport en Ca des aliments et de la ration	148
29	Apport en P des aliments et de la ration	148
30	Etat comparatif entre les besoins et l'apport de la ration	150
31	Evaluation de l'efficacité alimentaire moyenne du rationnement par catégorie	153
32	Degré d'autonomie alimentaire des exploitations laitières de catégorie 1	155
33	Degré d'autonomie alimentaire des exploitations laitières de catégorie 2	155
34	Degré d'autonomie alimentaire des exploitations laitières de catégorie 3	156
35	Temps de rumination des vaches laitières par catégorie d'exploitations	158
36	Evaluation moyenne du SRR et du NEC au niveau des exploitations de catégorie 1	161
37	Evaluation moyenne du SRR et du NEC au niveau des exploitations de catégorie 2	162
38	Evaluation moyenne du SRR et du NEC au niveau des exploitations de catégorie 3	163
39	Scores obtenus de l'observation des matières fécales	164
40	Evaluation du bien-être animal chez les 03 catégories d'exploitations	169
41	Paramètres biochimiques sanguins des 03 catégories d'élevage durant la lactation	174
42	Production laitière des 03 catégories d'exploitation	178
43	Numération microbienne des laits des exploitations de catégorie 1	182

44	Numération microbienne des laits des exploitations de catégorie 2	183
45	Numération microbienne des laits des exploitations de catégorie 3	183
46	Identification phénotypique des 78 isolats de BL par les galeries API	185
47	Caractéristiques physico-chimiques des laits des exploitations de catégorie 1	190
48	Caractéristiques physico-chimiques des laits des exploitations de catégorie 2	190
49	Caractéristiques physico-chimiques des laits des exploitations de catégorie 3	191
50	Résidus d'antibiotiques détectés au niveau des catégories d'élevages laitiers étudiés	193
51	Dosage de l'urée des laits sur le cheptel contrôlé des 03 catégories d'élevage	194
52	Vaches laitières atteintes de mammites subcliniques par catégorie d'exploitation	195
53	Résultats de l'appréciation de la lactofermentation des laits des 03 catégories d'exploitation	197
54	Corrélation des valeurs moyennes des paramètres biochimiques du sang et du lait	201

Introduction

La diversité de l'activité laitière, d'un pays à l'autre, est un maillon mondial fort de la sécurité alimentaire. En Algérie, la filière laitière revêt une importance stratégique pour la nutrition des citoyens et le renforcement de la souveraineté alimentaire (**Chemma, 2017 ; Kacimi, 2013 et Sadoud, 2025**). Elle figure parmi les axes prioritaires du plan de développement socio-économique national. Cependant, des freins structurels majeurs pèsent sur ce créneau, singulièrement l'élevage de vaches laitières, bridant considérablement sa croissance, tel qu'un climat aride marqué par une pluviométrie aléatoire, un déficit en ressources fourragères et une rareté des surfaces agricoles utiles. Malgré divers plans de réorganisation stratégique lancés dans ce domaine, les objectifs fixés n'ont pas été atteints (**Abdelguerfi et al., 2008 ; Adem, 2003 ; Bessaoud et al., 2019**).

Selon plusieurs études (**Belhadia et al., 2009 ; Benazzouz, 2001 ; Djebbara, 2008 ; Hacini, 2007**), la filière laitière en Algérie est jugée complexe en raison d'une déstructuration et de contraintes structurelles multiples :

- L'aridité climatique et la faible disponibilité des ressources en eau limitent la production fourragère locale.
- Prédominance des élevages hors-sol caractérisés par une insuffisance en terres fourragères dédiées.
- Structure des élevages fragmentée, dominée par de petites unités possédant généralement moins de 10 vaches laitières.
- Faiblesse du potentiel génétique, avec une forte prédominance (2/3) de races locales/croisées face à une minorité (1/3) de vaches laitières modernes (VL), engendrant de faibles rendements.
- Déficit marqué en pépinières de génisses, freinant le renouvellement et le développement du cheptel.
- Coût élevé et rareté des intrants, notamment les semences fourragères, particulièrement les légumineuses.

A ces difficultés s'ajoutent les insuffisances techniques en gestion zootechnique – alimentation, santé – ainsi que des faiblesses en gestion financière et de management, sans oublier des contraintes organisationnelles supplémentaires (**ONIL, 2023 ; MADR, 2023a ; MADR, 2023b et MADR, 2023d**).

Des impératifs budgétaires découlent de la politique sociale nationale, notamment la fixation étatique des tarifs qui, en dépit des subventions incitatives, pèse lourdement sur le marché domestique du lait cru. Par ailleurs, la répercussion de la commercialisation d'intrants laitiers importés, utilisés pour divers laits de consommation et produits dérivés, nécessite une réévaluation

et l'adoption de dispositifs correctifs pour garantir la pérennité du revenu des producteurs laitiers (**Makhlouf et al., 2015 ; ONIL, 2017 ; Souki, 2009**).

Le secteur laitier algérien fait face à de multiples entraves, caractérisé d'un côté par un déficit de production nationale et un volume de collecte marginal, et de l'autre par la volatilité des cours mondiaux des matières premières (**Benaissa, 2010 ; Bencherif, 2001 ; Eulmi et al., 2023 ; Kali et al., 2018 ; Makhlouf et Montaigne, 2017**). Bien que le rendement laitier pays se maintienne à environ 1,3 milliard de litres, le taux d'intégration, représentant la proportion du lait collecté par rapport au volume total produit, demeure dérisoire, sous la barre des 15%. La clé de voûte pour l'essor de cette filière réside dans l'optimisation des rendements à travers une approche d'élevage laitier à la fois durable et financièrement rentable (**Kali et al., 2011 ; Kharzat, 2006 ; Lazreg et al, 2020 ; ONIL, 2017**).

Depuis 2022, le ministère de l'Agriculture et du Développement Rural adopte un programme spécial dans l'objectif d'augmenter la production du lait cru, notamment à travers le repeuplement des bâtiments d'élevage en vaches laitières et la lutte contre leur abattage (**MADR, 2023a**).

Au-delà de l'acquisition de vaches laitières et de génisses gestantes, le département ministériel vise à renforcer la filière par la création de pépinières locales de génisses (**MADR, 2023d**). De plus, l'ONIL incite les producteurs à souscrire des assurances pour le bétail face aux risques sanitaires et à la mortalité (**ONIL, 2023**). Ces dispositifs ont pour objectif d'accroître la production de lait cru, actuellement de 800 millions de litres annuels, tout en diminuant les achats de poudre de lait, qui atteignent environ 50.000 tonnes pour 250 millions de dollars par an (**ONIL, 2023**).

Avec une consommation moyenne oscillant entre 100 et 110 litres par habitant chaque année, l'Algérie affiche des besoins laitiers frôlant les 4,5 milliards de litres, selon les données de l'**ONIL (2023)**. La production locale ne couvrant que 18 % de cette demande, le pays dépend fortement des importations de poudre de lait pour combler le déficit. Sur le plan structurel, l'élevage laitier national repose majoritairement sur des systèmes extensifs, caractérisés par un faible potentiel génétique des troupeaux et une disponibilité fourragère restreinte (**Belkheir et al., 2011 ; Bessaoud et al., 2019**). La pénurie de fourrage est criante, avec un manque estimé à 4 milliards d'Unités Fourragères (UF) par an, entraînant une dépendance excessive aux aliments concentrés (**Abdelguerfi et al., 2008 ; Lazreg et al., 2020**). De plus, lorsque le fourrage est accessible, sa faible valeur nutritionnelle — résultant d'une récolte tardive et d'une mauvaise conservation — limite les performances des élevages. Malgré les divers programmes publics de réhabilitation de la filière, la pérennité du secteur reste compromise par l'absence d'une stratégie axée sur l'autonomie alimentaire des exploitations.

Dans les petites exploitations laitières, l'alimentation constitue le poste de dépense principal, pesant pour près de 60 à 70 % des coûts de production totaux (**Bessaoud et al., 2019 ; Eulmi et al., 2023 ; Kali et al., 2018**). C'est dans cette optique de rationalisation des coûts que s'inscrit la présente étude, visant à évaluer les systèmes d'affouragement des vaches laitières dans la wilaya de Mostaganem et leur incidence sur la productivité ainsi que la qualité du lait.

Malgré un contexte géographique marqué par une faible disponibilité en ressources fourragères, la wilaya de Mostaganem se distingue comme un bassin de production laitière significatif. Avec un effectif de 2 260 vaches laitières en lactation, la région enregistre une production annuelle moyenne de 15 millions de litres de lait, produite par un réseau de 271 éleveurs (DSA Mostaganem, 2023). Le but principal de ce travail est de caractériser les pratiques alimentaires au sein des élevages bovins laitiers de cette région. Tenant compte des critères de classification de l'**ONIL (2023)**, qui a déterminé 03 types de zones, classés comme des bassins laitiers à travers l'Algérie, le type I avec une production annuelle $\geq$ à 20 millions de litres/an, le type II avec une production annuelle $\geq$ à 15 millions de litres/an et le type III avec une production annuelle $\geq$ à 10 millions de litres/an. La région de Mostaganem qui peut être qualifiée de bassin laitier est représentative de la problématique nationale située dans la zone II. Notre travail se propose d'apporter une contribution à l'étude et à l'identification des systèmes d'affouragement appliqués dans la région pour une production laitière issue des exploitations des bovins laitiers et d'évaluer leurs potentialités et leurs insuffisances. Un suivi de 21 élevages du bovin laitier, du fonctionnement des pratiques pour un échantillon d'exploitations retenu et de la typologie des élevages mis en place.

Afin de définir les leviers favorisant l'émergence d'exploitations performantes, garantissant un approvisionnement substantiel en laits vers les circuits de transformation et de commercialisation, tout en respectant les normes d'hygiène et de qualité, notre recherche s'est fixée pour problématique d'analyser les pratiques alimentaires des élevages bovins à Mostaganem et leur impact direct sur la production ainsi que la qualité laitière.

En vue de répondre à cette problématique, des exploitations laitières sélectionnées à élevage potentiel ont été suivies et évaluées suivant une méthodologie adaptée qui a abordé les axes suivants :

- Identification des systèmes d'élevage et catégorisation des exploitations
- Détermination des caractéristiques des exploitations laitières : système de production et planning alimentaire
- Suivi de l'alimentation

- Appréciation des indicateurs (efficacité alimentaire, état corporel des animaux, ...)
- Performance de production par des facteurs liés à l'animal, l'alimentation et les pratiques d'élevage
- Suivi de la qualité des laits (critères stables et variables) par la réalisation d'un échantillonnage représentatif et une identification des prélèvements destinés à une appréciation et à une orientation technologique.
- Détection de substances indésirables dans le lait : résidus d'antibiotiques, micro-organismes indésirables, cellules somatiques, ...
- Étude statistique pour évaluer la signification des résultats.

1^{ère} PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Alimentation de la vache laitière

1. Aliment et composition

Optimiser la production laitière repose avant tout sur une gestion rigoureuse de la ration. Il est crucial d'ajuster l'équilibre entre fourrages et concentrés pour satisfaire les exigences nutritionnelles des animaux. Cette démarche garantit un fonctionnement optimal du rumen tout en prévenant les risques sanitaires et les impacts environnementaux (**WOAH, 2022**).

L'aliment d'une vache laitière se constitue essentiellement de fourrages qui peuvent être complétés par l'apport de concentrés (**Darej et al., 2010 ; Faverdin et al., 2007 ; Sprumont, 2009**).

La matière sèche (MS) de tout aliment se compose de matière organique (MO) et de minéraux. Pour une meilleure formulation alimentaire, il est indispensable de connaître les types d'aliments en fonction de leur valeur nutritive. Ainsi, les aliments sont classés en différents groupes à savoir les sources d'énergie, de protéines (azote), de minéraux et de vitamines (**INRAE, 2021**).

D'après **Heinrichs et al. (2016), Soltner (2001) et Thénard et al. (2007)**, le fourrage constitue la base de l'alimentation des herbivores en agro-élevage. Définis comme des végétaux (purs ou mélangés), ces aliments sont distribués aux animaux soit frais, soit après conservation (séchage ou ensilage). On distingue différentes catégories de fourrages, notamment :

- Aliment fourrager annuel : racines, tubercules, choux, céréales et ensilages.
- Aliment fourrager artificiel : légumineuses.
- Aliment fourrager issu des prairies temporaires : graminées, associations graminées-légumineuses.
- Aliment fourrager issu des prairies permanentes : prairies naturelles, prairies semées.
- Aliment fourrager issu des parcours, pâturages de montagnes, des hauts plateaux, ... (spontané, peu productifs).

En complément de la ration de base (fourrages), les aliments concentrés sont distribués pour renforcer l'apport énergétique et protéique du bétail. La diversité des matières premières permet d'adapter la ration :

- Graines et Céréales : Orge, maïs, blé, souvent aplatis ou transformés en farine.
- Tubercules et racines : Betteraves fourragères, pommes de terre, manioc.
- Tourteaux : Résidus de pressage riches en protéines, issus de oléagineux (colza, tournesol) ou de protéagineux (soja).

- Produits manufacturés : Granulés, notamment à base de luzerne déshydratée (source de fibres) ou de tourteau de soja (source d'azote).
- Sous-produits industriels : Issues de la transformation agroalimentaire comme les pulpes de betterave, les drèches, les sons ou les mélasses.

1.1 Aliments sources d'énergie

Les aliments sources d'énergie sont représentés par les fourrages, les céréales et leurs issues.

1.1.1 Fourrages

La composition fibreuse hétérogène caractérise la diversité des fourrages. Fournissant le lest indispensable, ils apportent une part variable d'énergie et de protéines selon leur qualité. Leur rôle est crucial pour structurer la ration et optimiser les fermentations du rumen, génératrices d'ATP pour la microflore. Leurs parois intègrent principalement lignine, hémicellulose et cellulose. Malgré une valeur alimentaire souvent modérée, leur rendement en matière sèche à l'hectare peut être important. Des variations chimiques majeures surviennent selon le stade végétatif (**Hulsen, 2014 ; Maxin et al., 2018**). On distingue généralement les fourrages cultivés des naturels.

1.1.1.1- Fourrages naturels

L'utilisation de parcours naturels constitue la méthode d'alimentation la plus économique et rentable pour le bétail, reposant sur l'exploitation directe de la végétation spontanée. Selon **Defrance et al. (2004)**, cette pratique implique le déplacement des animaux sur ces espaces pour rechercher leur propre nourriture. Ces terrains sont communément appelés zones de pâturage et se déclinent en différentes formes :

- Parcours :

Ces espaces représentent des superficies pastorales, très peu ou jamais labourées. Il s'agit de terrains improductifs pour l'agriculture (laissés en jachère) sur une durée minimale de dix ans. La mise en culture y est impossible à cause de limitations liées à l'écologie, à l'édaphique, à la topographie ou à la nature du sol.

Les zones de parcours se différencient sur la base de critères variés, notamment des éléments topographiques, géographiques, écologiques, et principalement par le climat et le relief.

Abdelguerfi et al. (2008) identifient, dans le contexte algérien, maghrébin et méditerranéen, trois catégories :

- Les parcours de montagne, caractérisés par leur altitude.
- Les parcours steppiques, localisés dans la région des hauts plateaux.

- Les parcours sahariens, étendus dans le grand désert.

Il existe mondialement d'autres types de pâturages écologiques, comme ceux des forêts boréales (Taïga) ou ceux bordant les zones polaires (Toundra).

En somme, ces grands espaces sont généralement des régions désavantagées par des contraintes écologiques sévères et une densité humaine réduite. Les parcours se distinguent surtout par des facteurs bio-écologiques, comme le climat, la végétation, le sol et le relief.

1.1.1.2- Fourrages cultivés

Les fourrages cultivés, incluant graminées (maïs, sorgho) et légumineuses (luzerne), sont des cultures dédiées à l'alimentation animale, riches en biomasse mais dont la valeur nutritive dépend du stade de récolte. La lignification des tiges réduit la digestibilité à maturité, tandis que les feuilles restent plus digestibles, nécessitant une récolte au stade optimal pour valoriser les nutriments. L'ensilage des plantes de céréales constitue une source alimentaire très riche en énergie pour les animaux, notamment la vache laitière. Les cultures fourragères, souvent qualifiées d'artificielles, désignent la diversité des végétaux semés spécifiquement pour la nutrition du cheptel (**Benazzouz, 2001**).

Ces cultures fourragères constituent donc des espèces végétales semées pour l'alimentation du bétail. Elles représentent un composant crucial dans les systèmes de rotation et d'assolement. Elles offrent des bénéfices multiples à cet égard, mais aussi au niveau écologique, car elles contribuent à atténuer l'érosion des sols et à bonifier leur structure ainsi que leur taux de matière organique (**Boukhechem et al., 2019**). Les ressources alimentaires pour l'élevage proviennent largement de ces végétaux qui peuvent être exploités comme plantes totales, en produits (exemple grains de maïs) ou de sous-produits (paille). D'après **Merdjane et Yekhlief (2016)**, les divers fourrages et plantes fourragères sont donnés aux bêtes seuls ou en mélange selon leur valeur nutritive,

- Il est couramment indispensable d'intégrer à la ration des produits comme des concentrés dans le but d'assurer une alimentation équilibrée.
- La digestibilité d'un fourrage est d'autant plus réduite que celui-ci est lignifié, c'est-à-dire riche en parois cellulaires.
- La paille, résidu des cultures céréalières, est ainsi utilisée comme fourrage, notamment pour l'alimentation des bovins lors de périodes de sécheresse qui restreint les disponibilités en fourrage. Néanmoins, ce produit peu nutritif et peu appétent doit être supplémenté par d'autres aliments plus riches.

Les productions fourragères constituent un défi primordial au niveau mondial, elles couvrent entre 70 % à 80 % des surfaces cultivées (**Abdelguerfi, 2003**).

L'usage classe généralement les fourrages en trois groupes principaux, selon leur méthode de stockage et leur taux de matière sèche : les cultures vertes, les produits ensilés et les fourrages déshydratés. Les tubercules, racines, ainsi que leurs sous-produits, constituent une quatrième classe assimilable (**Zirmi-Zembri et Kadi, 2016**).

1.1.2 Céréales et leurs issues

Selon l'**INRA (2018)**, les céréales peuvent aider à réduire le coût de production du lait. Ainsi, il est possible de les utiliser soit pour équilibrer les rations riches en protéines comme affouragement de fourrages verts ou pâturage, soit dans un aliment de production (apports équilibrés en énergie et protéines pour une production donnée).

Les grains céréaliers locaux affichent une forte densité calorique (issue de l'amidon), tout en offrant des niveaux protéiques significatifs, variant de 9 % (maïs) à 13 % (blé). Bien que diverses céréales, combinées à des apports azotés et minéraux, permettent de formuler des concentrés, le maïs et le blé restent optimaux, générant près de 2,3 kg de lait par kg d'aliment. Néanmoins, il est conseillé de limiter l'incorporation de blé à 50 % et de maïs à 30 % dans la ration totale.

1.1.3 Aliments composés concentrés

Les aliments concentrés se définissent généralement par une forte densité énergétique et une teneur élevée en matière sèche (MS). Selon Beauchemin et Rode (2012), cette catégorie inclut des matières premières riches en protéines, notamment les graines de protéagineux et d'oléagineux. On distingue deux groupes principaux : les concentrés simples (matières premières brutes comme les céréales, tourteaux, pulpes séchées et coproduits) et les concentrés composés, qui sont le résultat du mélange de ces différents éléments.

En élevage, les aliments concentrés (simples ou composés) jouent le rôle de « correcteurs » en rééquilibrant la ration de base fourragère en énergie et en azote. Une fois cet équilibre atteint, des concentrés de production peuvent être ajoutés pour stimuler le rendement laitier, leur quantité étant ajustée selon le niveau de production de l'animal. Ces concentrés, qu'ils soient fermiers ou commerciaux, sont distribués individuellement, souvent via des automates (DAC), et présentent en moyenne 88 % de matière sèche (MS) avec une teneur en matières azotées totales (MAT) de 16 à 18 %. L'efficacité de ces apports varie : en hiver, 0,7 à 1,5 kg de concentré suffisent à produire 2 litres de lait supplémentaires, tandis qu'au pâturage, la réponse est plus hétérogène, avec une moyenne de 1 kg pour 1,5 litre de lait produit.

1.2 Sources de minéraux

Les sources d'éléments minéraux sont représentées par la poudre d'os, le coquillage, les foin de légumineuses fourragères, le lait, les sons de céréales, etc. Elles permettent de satisfaire

certains besoins des animaux mais ne leur apportent pas pour autant un dosage équilibré en éléments minéraux essentiels. Ces sources contiennent d'ordinaire du sodium, du fer, de calcium et de phosphore et sont souvent pauvres en d'autres éléments. Une complémentation s'avère alors indispensable surtout chez les femelles à forte production laitière. Les pierres à lécher, les terrains salifères et l'eau de pluie sont d'autres sources d'éléments minéraux (**Erickson et Kalscheur, 2020**).

1.3 Sources de vitamines

Les vitamines se retrouvent en général dans le fourrage vert, le foin, les pailles, les céréales, les huiles et les tourteaux. Cependant, les vitamines du groupe B et la vitamine D peuvent être synthétisées par les bovins. Les quantités sont généralement faibles dans le fourrage, ce qui peut souvent nécessiter une complémentation à l'aide de Complexe Minéral Vitaminé (CMV) sous forme de pierres à lécher. De tels aliments concentrés, formulés à base de ces matières premières, peuvent être achetés dans le commerce. La teneur en vitamines des fourrages décline rapidement avec la durée de stockage et l'exposition prolongée aux rayons UV, rendant les stocks hivernaux moins nutritifs. Un apport optimisé est pourtant crucial pour soutenir les fonctions immunitaires et la fertilité des vaches laitières, particulièrement durant la période de transition. Selon les recommandations du guide de l'**INRAE (2021)** sur l'alimentation des ruminants, une surveillance accrue des taux de vitamines A et E est conseillée pour prévenir les risques de rétention placentaire et de mammites.

2. Productions fourragères en Algérie

2.1. Superficies fourragères

Selon les données du **MADR (2023c)**, les terres consacrées à la production fourragère au niveau national couvrent près de 36,2 millions d'hectares. Comme le montre la figure 01, cette superficie se répartit entre les pacages et parcours (75,8 %), la jachère (11,2 %), les chaumes et pailles (7,92 %), les cultures fourragères (5,03 %) et les prairies naturelles (0,05 %).

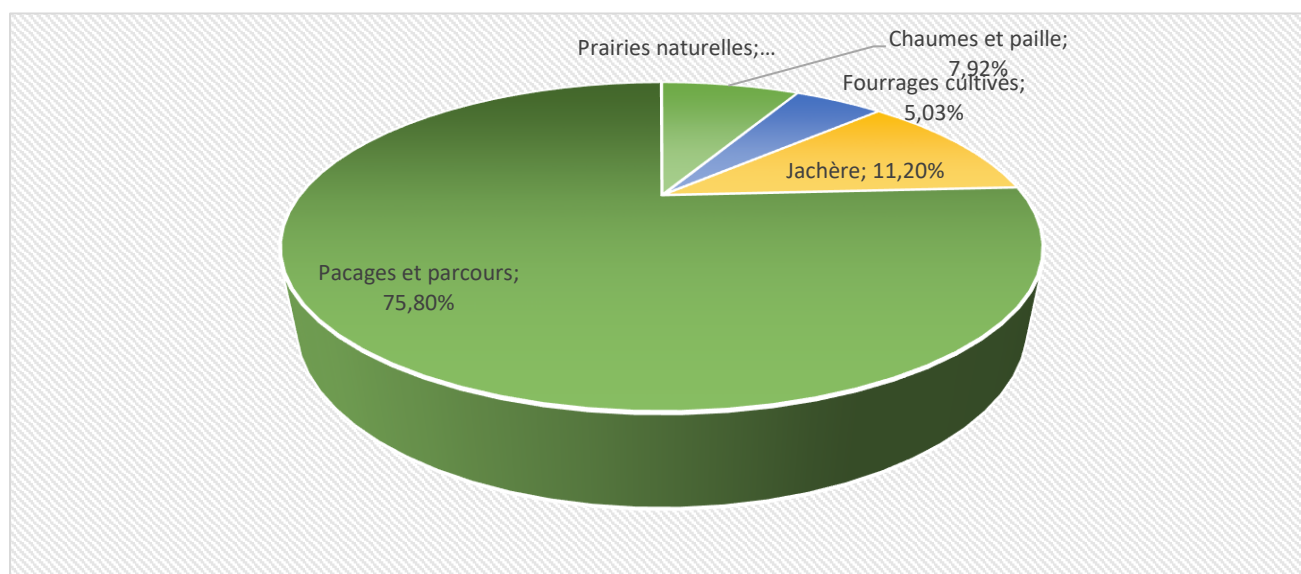


Figure 01 : Répartition de la superficie fourragère nationale (MADR 2023c)

Au niveau du littoral (**MADR, 2023c**), la répartition des superficies fourragères diffère puisque les superficies consacrées aux fourrages cultivés sont plus importantes que celles observées à l'échelle nationale ; on retrouve plus de chaumes, de jachères et beaucoup moins de parcours. (**Figure 02**). En Algérie, les fourrages cultivés sont considérés comme le maillon primordial à tout développement de la production animale et leur manque constitue un facteur limitant. Les possibilités d'amélioration de ces cultures existent, le problème majeur réside dans le fait que l'idée de "cultiver de l'herbe" n'est pas encore admise (**Abdelguerfi, 2003**). Pour ce programme la vulgarisation de cette notion en fonction de chaque région, du type d'élevage et des potentialités des ressources végétales locales, est indispensable pour l'amélioration de ces cultures.

Selon le **MADR (2023c)**, la couverture fourragère en Algérie est dominée par un modèle pastoral extensif et des ressources délaissées à faible valeur ajoutée : chaumes de céréales, jachères pâturées et parcours steppiques. La faible prévalence des cultures fourragères, couplée à une dégradation des parcours steppiques et forestiers, souligne une forte dépendance aux aléas climatiques et une insuffisance structurelle. Cela met en évidence la nécessité de moderniser la valorisation des sous-produits et d'intensifier la production de fourrages cultivés, notamment via l'introduction d'espèces tolérantes à la sécheresse.

En Algérie, la ration du cheptel repose sur une combinaison de ressources pastorales (prairies naturelles, parcours, jachères) et de cultures fourragères, complétée par l'utilisation de sous-produits céréaliers, notamment la paille et les chaumes, ainsi que l'orge et l'avoine (**Merdjane et Yekhllef, 2016**). Toutefois, le développement de l'élevage bovin se heurte au déficit structurel des ressources fourragères, ce qui limite les rendements de la production animale (**Zirmi-Zembri et Kadi, 2016**).

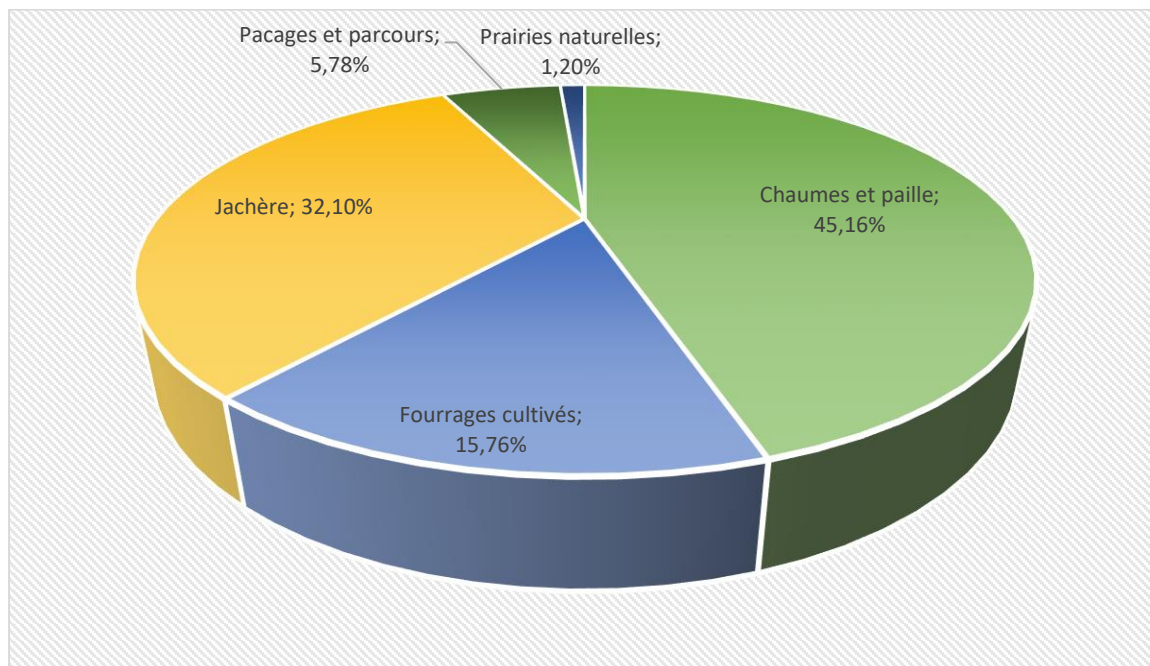


Figure 02 : Répartition de la superficie fourragère en zone littorale (MADR 2023c)

Pour la campagne 2022/2023, la superficie agricole utile (SAU) en Algérie est estimée à 9 938 540 hectares. Cette surface représente 23,4 % de la superficie agricole totale (SAT), qui s'élève à 42 474 895 hectares. La majeure partie du territoire agricole, soit environ 75,46 % (32 050 775 hectares), est constituée de pacages et de parcours.

Stratégies d'extension des terres cultivables (selon MADR, 2023c) : D'après le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (2023c), l'augmentation des terres cultivées peut être réalisée en misant sur :

La réduction des jachères et la remise en valeur de prairies naturelles inexploitées.
Une gestion optimisée des pacages, notamment dans les zones steppiques qui constituent un pôle majeur d'élevage bovin depuis 2018.

L'adoption de cultures dérobées dans les zones recevant plus de 300 mm/an, en introduisant de la vesce-avoine ou des céréales à pâtre (orge, seigle) en double exploitation. Cette méthode permet de valoriser les terres sans compromettre la rotation céréalière, offrant un fort potentiel pour les entreprises mixtes céréales-élevage, notamment via l'intégration de légumineuses.

La part des surfaces consacrées aux fourrages (naturels et cultivés) a connu une progression, passant de 4,94 % à 12,02 % entre 2020 et 2023.

Cependant, la période 2022-2023 a marqué un coup d'arrêt pour les cultures fourragères cultivées. Cette régression s'explique par deux facteurs conjoncturels majeurs :

La crise sanitaire (COVID-19) : Désorganisation des chaînes logistiques, limitant l'accès aux intrants (semences, engrais) et entravant la commercialisation.

La sécheresse sévère (2022-2023) : Impact direct sur les rendements et réduction forcée des surfaces cultivées en fourrage.

Tableau 01 : Répartition Générale des Terres - Campagnes 2020/2021 à 2022/2023 (MADR, 2023c)

Superficie déclarée en hectares	2020/2021	2021/2022	2022/2023
Superficie Agricole Utile (S.A.U.)	8 872 180	9 310 085	9 938 540
Pacages et Parcours	31 785 820	31 832 110	32 050 775
Terres improductives des Exploitations agricoles	1 510 250	1 495 778	1 488 810
Total des Terres Utilisées	42 168 250	42 237 973	42 474 895

Tableau 02 : Evolution des superficies fourragères en Algérie (MADR, 2023c)

Unité : Hectare

Année	Fourrage naturel	Fourrage artificiel		
		Fourrage sec	Fourrage vert ou ensilé	Total Fourrage artificiel
2013	242 761	801 540	192 210	995 790
2014	271 725	889 254	197 536	1 088 890
2015	268 273	896 177	212 120	1 116 297
2016	272 416	898 232	223 258	1 299 490
2017	274 854	901 533	237 639	1 315 172
2018	294 845	905 589	255 124	1 364 171
2019	292 717	916 169	248 032	1 370 001
2020	317 775	850 151	246 126	1 117 377
2021	348 530	892 102	257 310	1 188 415
2022	357 725	898 651	268 726	1 297 377
2023	372 580	887 102	287 323	1 318 415

2.2- Rendement fourrager

Le rendement fourrager désigne la masse de végétaux récoltée par unité de surface exploitée. Selon la nature du produit, l'unité de mesure varie :

Quintaux par hectare (q/ha) : principalement pour les grains.

Tonnes par hectare (t/ha) : pour les cultures riches en eau (herbe, tubercules, racines).

On observe une montée en puissance des cultures fourragères au sein du secteur végétal. Toutefois, des écarts subsistent :

Croissance modérée : La production de fourrages naturels a progressé de 6,64 % entre 2013 et 2023 (Tableau 02).

Retard structurel : Ces volumes restent nettement inférieurs à ceux du fourrage artificiel.

D'après **Mohamed-Brahimi et al. (2023)**, cette faible performance des cultures naturelles s'explique essentiellement par :

L'irrégularité de la pluviométrie.

La pression du surpâturage, qui freine la régénération des plantes.

Entre 2020 et 2022 (tableau 03), la contraction des rendements fourragers résulte d'une synergie négative entre les ruptures systémiques des chaînes d'approvisionnement induites par la COVID-19 et un stress hydrique sévère. Cette baisse s'explique par un déficit pluviométrique chronique ayant limité la croissance végétative, accentué par une désorganisation des itinéraires techniques et des intrants durant la crise sanitaire.

Tableau 03 : Évolution des productions fourragères en Algérie (MADR, 2023d)

Unité : quintaux

Année	Fourrage naturel	Fourrage artificiel		
		Fourrage sec	Fourrage vert ou ensilé	Production totale
2013	5 992 530	12 150 250	22 675 410	40 818 190
2014	6 117 565	13 457 375	23 150 690	42 725 630
2015	6 431 250	13 785 291	23 736 104	43 952 645
2016	6 519 710	13 895 120	23 816 130	44 230 960
2017	6 558 285	13 910 280	24 130 050	44 598 615
2018	6 578 220	13 945 410	24 823 250	45 346 880
2019	6 582 150	13 959 717	24 686 335	45 228 202
2020	5 847 721	13 201 850	24 197 290	43 246 861
2021	5 920 990	13 323 457	24 232 719	43 477 166
2022	6 174 845	13 568 245	24 436 810	44 152 900
2023	6 390 275	13 798 565	24 718 290	44 907 130

La figure 03 montre que la production des ressources fourragères naturelles reste limitée par rapport aux fourrages artificiels avec un déclin en 2020 à cause de la pandémie du Covid-19 qui a confiné le monde et qui a eu un impact dévastateur, tout au long de cette année, avec une perturbation de l'économie mondiale et de toutes les productions agricoles.

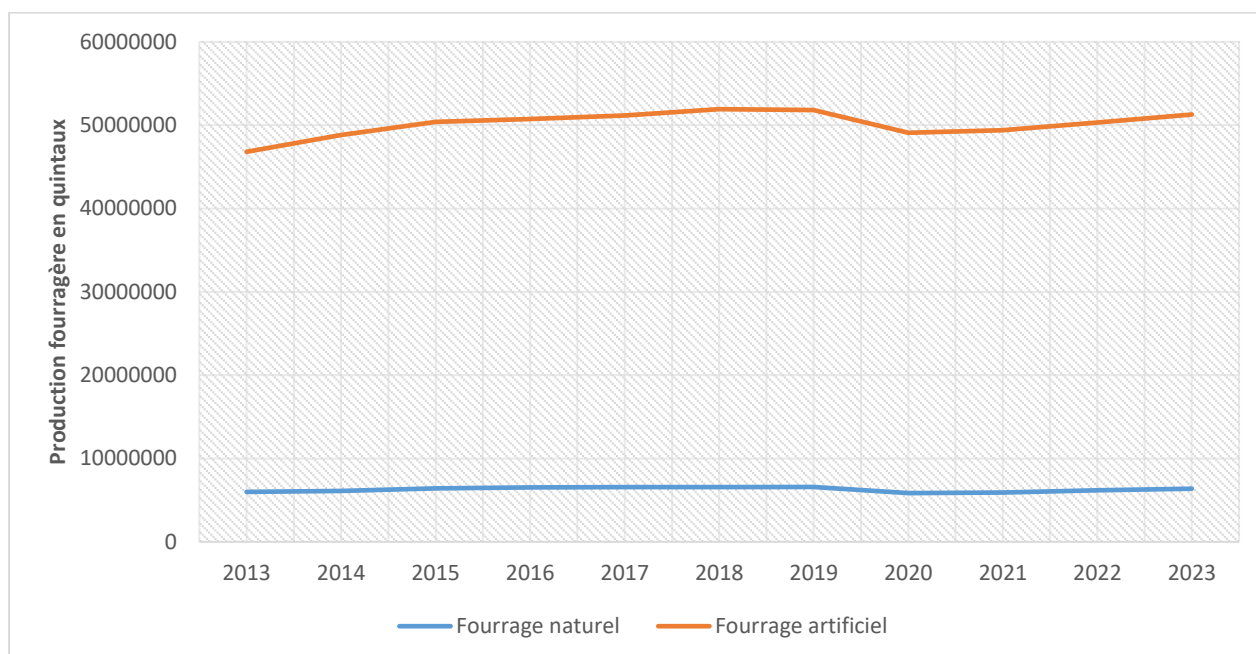


Figure 03 : Évolution des productions fourragères en Algérie à partir des données du (MADR, 2023d)

2.3- Calendrier fourrager

Le calendrier fourrager constitue un outil de planification stratégique permettant de structurer la succession et l'association des ressources alimentaires pour le bétail, généralement fractionné par saisons ou périodes clés. Pour une gestion efficace, le troupeau est divisé en groupes homogènes basés sur leurs exigences nutritionnelles (âge, stade de production, état physiologique). La gestion repose souvent sur la flexibilité, où la mobilisation et la reconstitution des réserves corporelles des animaux sont saisonnièrement planifiées plutôt que de viser un état corporel optimal constant (Faverdin et al., 2018).

Afin d'optimiser l'alimentation, les éleveurs combinent diverses sources, incluant les pâturages naturels ou cultivés. Dans les systèmes mixtes, les éleveurs-agriculteurs valorisent également les sous-produits des terres cultivées. Cette approche vise à exploiter au mieux la disponibilité des ressources, qui fluctue selon les saisons et les aléas climatiques, tout en intégrant l'élevage à la production agricole globale (Decruyenaere et Belge 2006 ; Farruggia et al. 2008 ; Peyraud, 2019).

Selon les travaux de Chauveau (2021), l'analyse des ressources disponibles à l'échelle de l'exploitation constitue une étape fondamentale. Elle repose sur une synthèse rigoureuse des bilans fourragers, réalisée pour chaque unité de gestion. Cette démarche prend en compte les gradients pédoclimatiques (nature du sol, topographie) qui déterminent le potentiel de production végétale. Ce diagnostic structurel englobe :

L'occupation des sols (répartition cultures/prairies) ;

Les modalités d'accès aux zones de pâturage ;

Les modes de gestion appliqués (pâturage tournant, vaine pâture, fauche, stockage).

Pour optimiser l'adéquation entre les besoins du troupeau et les ressources, l'éleveur intervient directement sur la dynamique fourragère. Il peut, d'une part, lisser la disponibilité saisonnière via le stockage (récoltes) et, d'autre part, piloter la vitesse de croissance de l'herbe par des leviers techniques tels que la fertilisation, l'irrigation ou le déprimage.

La précision de ce diagnostic, qui dépend de la complexité du système d'élevage, des données agroclimatiques locales et de l'expertise de l'éleveur, permet de formaliser un calendrier fourrager prévisionnel (**Cauty et Perreau, 2003**).

Le calendrier fourrager permet de saisir les plans d'alimentation mensuels sur une année complète, de calculer les besoins fourragers en fonction du troupeau disponible, et enfin aboutir à un assolement prévisionnel.

La cohérence du calendrier fourrager est conçue selon la démarche suivante :

- Déterminer les effectifs animaux nécessaires
- Définir les plans d'alimentation mois par mois
- Calculer les besoins fourragers
- Aboutir à un assolement prévisionnel

Selon **Eulmi et al. (2023)** et **Kadi (2007)**, l'alimentation du cheptel laitier algérien est dictée par deux logiques de production selon l'étage bioclimatique. Le SAS (Système Agricole Supérieure) repose sur une autarcie fourragère, valorisant les ressources internes (orge, maïs, foin) en zone moins contrainte. Inversement, le SAI (Système Agricole Inférieure) en zone aride dépend fortement de l'achat externe de concentrés, exposant l'élevage à la volatilité des prix et au déficit fourrager.

Cette dichotomie met en évidence la dépendance structurelle de l'élevage algérien au marché pour les concentrés, particulièrement dans le SAI.

La gestion de l'alimentation du cheptel repose sur une complémentarité entre les ressources propres de l'exploitation et le pâturage, structurée comme suit :

Ressources intensives : L'utilisation de fourrage vert et d'orge, produits directement sur l'exploitation, est une stratégie réservée aux exploitations les mieux structurées et situées dans des zones favorables.

Pâturage des chaumes et jachères : Le pâturage constitue la base de l'alimentation durant la période de soudure (6 à 7 mois), s'étalant d'août à février. Il s'organise entre la récolte des premières céréales (libérant les chaumes) et le labour final des jachères.

Stratégie économique : Le pâturage tardif est particulièrement valorisé pour sa capacité à différer l'utilisation des stocks de fourrage stockés, optimisant ainsi les coûts.

Les pratiques de labour diffèrent selon la taille de l'unité de production et les contraintes climatiques :

Grandes exploitations : Les labours sont fractionnés. Entre 30 et 50 % de la Surface Agricole Utile (SAU) sont labourés au printemps. Le reste, utilisé comme jachère pâturée, est labouré en automne ou plus tard. Lorsque les surfaces sont importantes, les travaux du sol sont étalés entre ces deux périodes.

Petites et moyennes exploitations : La présence de cheptels ovins contraint à une gestion du temps différente. Une part majeure, voire la totalité de la jachère, est labourée tardivement pour permettre un pâturage prolongé juste après la récolte des céréales.

Selon l'analyse de **Zirmi-Zembri et Kadi (2016)**, la relation entre céréaliculture et élevage s'étend au-delà de l'exploitation elle-même. En l'absence de cheptel, les jachères sont fréquemment louées à des éleveurs voisins ou à des transhumants issus des régions steppiques. Cette pratique est courante, notamment sur les parcelles dont le labour est prévu au printemps.

3. Rationnement de la vache laitière

3.1. Principe du rationnement

Le rationnement d'un animal assure la satisfaction des besoins nutritifs d'un animal par l'adaptation dans la ration alimentaire des apports suffisants, équilibrés, ajustés à ses facultés digestives et les plus économiques possibles (**Cuvelier et al., 2010**). Pour cela, on utilise des tables de rationnement indiquant :

- En 1^{er} lieu, les normes admises pour les besoins nutritifs d'entretien et de production.
- En 2^{ème} lieu, la composition moyenne des divers aliments utilisés dans la ration. Il suffit de réaliser par le calcul, l'équilibre théorique entre les besoins et les apports.

Selon **Wolter et Ponter, 2013**, Il est nécessaire d'estimer la consommation alimentaire du troupeau pour déterminer les constituants de la ration de base de chaque vache et ainsi couvrir ses stricts besoins.

3.2. Ration en production laitière

La ration alimentaire est distribuée suivants des modes différents. On peut ainsi schématiquement distinguer la ration complète, la ration semi-complète, la ration avec complémentation individualisée et la ration par lot (**Faverdin et al., 2010**).

3.2.1. Ration complète

La ration complète (ou Total Mixed Ration) repose sur l'administration d'un mélange homogène de fourrages et de concentrés via une mélangeuse. Ce système dispense l'éleveur de tout

apport complémentaire individuel, simplifiant ainsi la gestion du temps de travail. Sur le plan physiologique, cette méthode stabilise le pH du rumen en synchronisant la fermentation des fibres et des glucides, ce qui limite les risques d'acidose et de pathologies métaboliques (**Guérin et al., 2002**). Néanmoins, son application sur un lot unique peut induire des déséquilibres nutritionnels : un déficit énergétique pour les fortes productrices et un engraissement excessif pour les vaches en fin de lactation (**Linn et al., 2007**).

3.2.2. Ration semi-complète

Afin de pallier les limites d'une ration complète unique, une approche intermédiaire consiste à proposer une ration de base moins dense énergétiquement, complétée par un apport individuel de concentrés pour les vaches à haut potentiel, selon l'approche décrite par **Merdjane et Yekhlef (2016)**. Cette stratégie combine la distribution à l'auge d'un mélange (fourrages et une partie des concentrés) et une complémentation ciblée, effectuée en salle de traite ou via un Distributeur Automatique de Concentrés (DAC). Selon Sauvart (2004), cette méthode permet d'ajuster précisément la nutrition au niveau de production, limitant le gaspillage chez les animaux moins performants, mais implique une contrainte accrue en temps de travail ou en investissement technologique pour l'éleveur.

3.2.3. Ration avec complémentation individualisée

La distribution alimentaire individualisée permet un ajustement précis des rations en fonction des besoins spécifiques de chaque animal, notamment par la gestion du rapport fourrage/concentré. Selon les recommandations de l'**INRA (2018)**, une ration caractérisée par un rapport fourrage/concentré élevé présente une densité énergétique plus faible qu'une ration où ce rapport est faible. Il est donc crucial d'équilibrer ce ratio en valorisant des fourrages riches et économiques, tout en complémant avec des concentrés de manière raisonnée. Un excès de concentrés doit être évité pour prévenir les troubles métaboliques, tels que l'acidose du rumen (**Ponter, 2016**).

En pratique, l'apport individuel de concentrés permet d'optimiser la production laitière par un ajustement fin des besoins, mais cette méthode est chronophage et exige une surveillance constante (**Wattiaux et Howard, 2017**).

Par ailleurs, l'efficacité de la digestion azotée repose sur un équilibre entre l'azote et l'énergie fermentescibles. Un déséquilibre marqué par un excès d'azote fermentescible par rapport à l'énergie augmente les risques de troubles de la santé (mammites, métrites) et diminue la fertilité. Sur le plan économique et environnemental, cela entraîne une perte de matière première et une excrétion urinaire accrue. À l'inverse, un excès d'énergie par rapport à l'azote fermentescible rend une partie des protéines « virtuelles », ne permettant pas de couvrir les besoins nutritionnels réels. Un

équilibrage rigoureux est donc indispensable pour la santé du troupeau, la performance économique et le respect de l'environnement.

3.2.4. Ration par lot

La conduite en lots segmente le cheptel suivant le niveau de production laitière ou le stade physiologique. Des régimes alimentaires spécifiques sont ainsi élaborés et distribués. Cette stratégie s'avère pertinente en présence de vêlages étalés, optimisant l'efficacité alimentaire du troupeau (**Wolter et Ponter, 2013**).

3.3 Calcul des rations

La formulation de la ration d'un cheptel nécessite l'usage de trois outils documentaires (**Cuvelier et Dufrasne, 2015**) : un référentiel des exigences nutritionnelles (MS, UFL, MAD, PDI, Ca, P), un inventaire des teneurs nutritives des aliments, et des supports de calcul pour compiler ces données. Par ailleurs, **Wolter et Ponter (2013)** détaillent, dans la figure 04, les diverses étapes de l'évaluation des ingestats, décrivant le processus de rationnement et ses ajustements nécessaires afin de satisfaire les exigences des animaux en lactation.

Le rationnement, dans le contexte de l'alimentation des vaches en production laitière, consiste à déterminer la quantité de nourriture (la ration) nécessaire pour une vache laitière afin de couvrir ses besoins nutritionnels. Cette ration doit être équilibrée, c'est-à-dire qu'elle doit fournir les nutriments essentiels dans les proportions adéquates pour atteindre un objectif spécifique la production laitière et le maintien de l'état de la vache laitière.

La détermination des besoins en UFL (Unités Fourragères Lait) et en PDI (Protéines Digestibles dans l'Intestin) est essentielle pour assurer une alimentation équilibrée et optimiser la production de lait. Il est crucial de connaître ces besoins pour adapter la ration de la vache et garantir une bonne santé de l'animal et une production laitière efficace.

D'après les travaux de **Araba (2006)**, **Croisier (2014)** ainsi que **Cuvelier et Dufrasne (2015)**, la conduite alimentaire des bovins laitiers s'articule autour des fondements ci-après :

3.3.1. Apports nutritifs cumulés

Faverdin et al. (2007) ont confirmé que ce sont les apports "de base", communs à tout le troupeau pour :

- L'entretien en fonction du poids moyen des vaches (très souvent de 600kg).
- La production ; calculée sur la moyenne du troupeau, celle-ci est fonction du niveau qu'il est souhaitable de couvrir sans distribuer de concentrés :

- Troupeaux moyens = 10 à 12 litres (pour une ration à 100% fourragère sans concentré)
 - Bons troupeaux = 14 à 16 litres (pour une ration à 100% fourragère sans concentré)
- Cette structure fondamentale, souvent dénommée « ration de base », vise à optimiser l'utilisation des fourrages produits sur l'exploitation pour minimiser les coûts.
 - Elle constitue le socle nutritionnel distribué à l'auge ou au pâturage, sur lequel s'ajoute une complémentation individualisée pour les vaches en début de lactation.
 - La capacité d'ingestion des bovins, variable selon la qualité du fourrage et le stade physiologique (parité, gestation), est ici le facteur limitant principal avant d'envisager l'ajout de concentrés.
 - Pour assurer la persistance de lactation sans compromettre la santé métabolique, cette ration doit garantir un encombrement du rumen adapté, facilitant la rumination.
 - Dans les systèmes basés sur une forte autonomie, cette approche permet d'ajuster le chargement du troupeau à la ressource fourragère disponible tout en maintenant un niveau de production laitière durable.

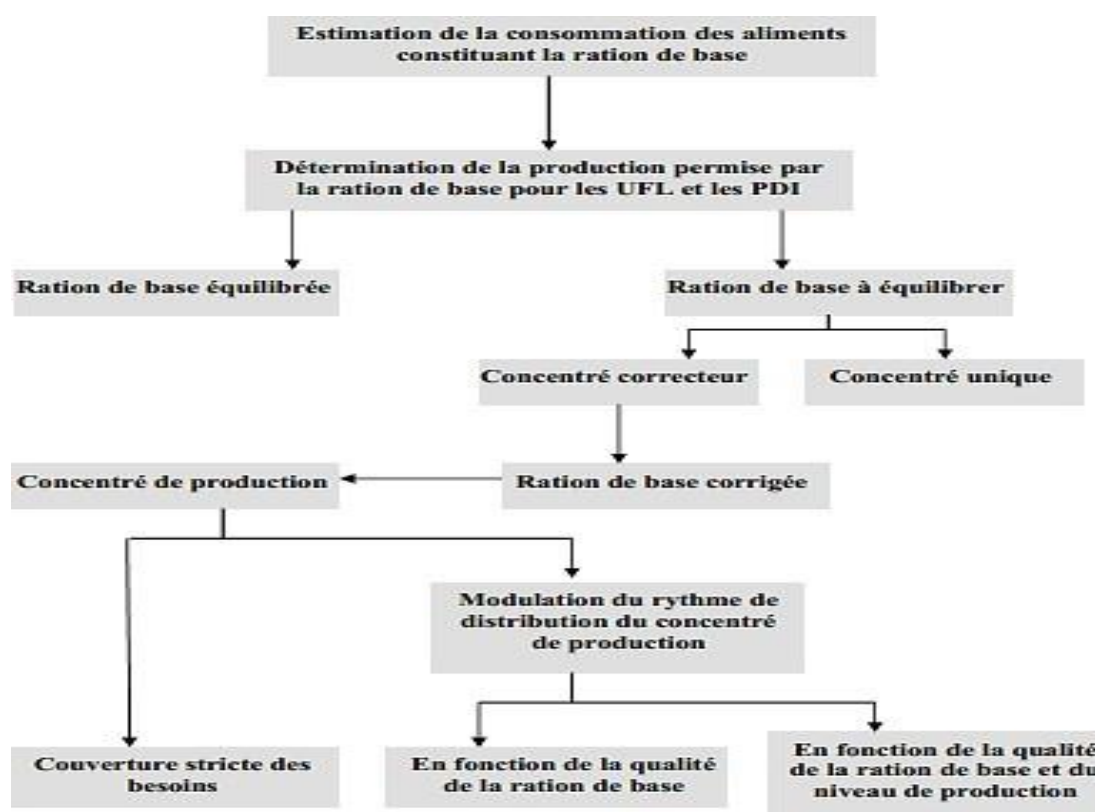


Figure 04 : Différentes étapes du calcul des rations de vaches en pleine lactation adapté par **Wolter et Ponter, 2013**

3.3.2. Détermination des apports nutritifs de la ration de base

L'optimisation économique d'un élevage repose prioritairement sur la valorisation des ressources fourragères disponibles sur l'exploitation. Selon **Sauvant (2000)**, l'objectif principal est d'atteindre un équilibre nutritionnel dès la ration de base, limitant ainsi le recours coûteux aux

concentrés du commerce. Cette approche repose sur la complémentarité des espèces végétales, comme l'association de sources fibreuses et énergétiques (ex: foin de graminées et choux fourrager) ou protéiques (ex: foin de légumineuses et betteraves).

Lorsque les fourrages seuls ne suffisent pas à couvrir les exigences physiologiques, un correcteur azoté ou énergétique peut être introduit pour stabiliser le rapport PDI/UFL. Ce pilotage nutritionnel est souvent complété par un apport minéral et vitaminique (CMV) spécifique, garantissant une efficacité digestive minimale (**Sauvant et Nozière, 2013**).

La valeur nutritionnelle d'une ration se mesure par la différence entre les apports globaux (déterminés via les tables de valeurs alimentaires) et les besoins d'entretien de l'animal. Pour valider l'équilibre d'une ration, **Sutter (2013)** préconise de comparer le potentiel de production laitière permis par l'énergie (UFL) et celui permis par les protéines (PDI).

Une ration est jugée cohérente lorsque l'écart entre la "production permise par l'énergie" et la "production permise par l'azote" n'excède pas 1 à 2 litres de lait.

3.3.3. Correction d'équilibre

Lorsque les fourrages ne couvrent pas les besoins de maintenance ou les premiers litres de lait, un concentré d'équilibre est nécessaire pour combler les carences spécifiques en énergie (UFL) ou en protéines (PDI) (**Andrieu, 2012**) :

Carence protéique : Si le ratio PDI/UFL est trop bas, on utilise un correcteur à haute densité azotée, tel qu'un tourteau (ex: PDI/UFL $\approx$ 380).

Carence énergétique : Si l'énergie limite le potentiel de production, on privilégie un aliment à faible ratio PDI/UFL, comme l'orge (ex: PDI/UFL $\approx$ 65).

Une fois l'équilibre de la ration de base atteint, l'apport supplémentaire doit correspondre strictement aux besoins du lait produit au-delà de ce palier. Prolonger l'usage du correcteur initial risquerait d'induire un nouveau déséquilibre nutritionnel (**Wolter et Ponter, 2013**).

Principe de l'aliment "isovaleur" : Pour soutenir chaque litre de lait additionnel (standardisé à 4 % de MG), l'aliment doit fournir exactement 0,4 UFL et 50 g de PDI.

Objectif cible : Le complément de production doit présenter un ratio PDI/UFL proche de 116 pour garantir une efficacité métabolique optimale (**Fischer et al., 2015**).

4. Notions d'unités d'alimentation chez la vache laitière : Dépenses et besoins

4.1. Notion d'unités d'alimentation

Pour optimiser les performances zootechniques, les élevages s'appuient sur des unités d'alimentation conçues pour garantir que chaque ration couvre précisément les besoins nutritionnels, notamment pour les nutriments dits « limitants ». Selon les travaux de **Sauvant et Nozière (2013)**, l'efficacité de ces systèmes repose sur six piliers fondamentaux :

Spécificité nutritionnelle : Chaque unité cible un constituant précis susceptible de freiner la production ; son usage est inutile si l'élément n'est pas limitant.

Représentation biologique : Elle quantifie un flux réel (énergie, matière organique ou minérale) mesuré à un stade précis du métabolisme animal.

Standardisation des flux : L'unité sert de dénominateur commun pour évaluer simultanément la valeur des aliments et les besoins des animaux.

Additivité : Les valeurs des différents ingrédients d'une ration doivent pouvoir s'additionner simplement.

Pouvoir prédictif : Le système doit être assez robuste pour corrélérer avec précision l'apport nutritionnel et les résultats observés sur l'animal.

Flexibilité scientifique : La structure doit pouvoir assimiler les avancées de la recherche sans bouleverser les pratiques de terrain.

La valeur nutritionnelle d'un fourrage se définit par sa densité énergétique, sa richesse protéique et sa teneur en minéraux. Ces paramètres dépendent directement de la capacité de l'animal à digérer la matière organique et de la vitesse de dégradation de l'azote dans le rumen. Enfin, si la génétique et le stade de récolte sont clés, les processus de conservation (comme les fermentations en silo) jouent un rôle majeur dans la modification de la composition chimique finale de l'aliment.

Il faut pouvoir évaluer ces paramètres à l'aide d'une méthode scientifique fondée sur une multitude de systèmes dont ci-joint les principaux :

a- Le système français utilise le lexique suivant pour l'évaluation de l'alimentation animale (**INRA, 2018**) :

- CI : Capacité d'ingestion. C'est l'aptitude d'un animal à consommer plus ou moins un aliment distribué à volonté.
- PD : Protéines digestibles
- PDI : Protéines digestibles de l'intestin.
- MAD : Matières Azotées Digestibles
- UFL : Unité fourragère lait. Quantité d'énergie nette pour la production laitière contenue dans 1 kg d'orge de référence.

1 UFL = 1700 kcal pour la production laitière.

- UFV : Unité fourragère viande. Quantité d'énergie nette contenue dans 1 kg d'orge de référence pour l'entretien et la croissance de l'animal, à un niveau de production de 1,5.
1 UFV = 1820 kcal d'énergie nette pour la production de la viande.

b- Le système néerlandais, son lexique utilisé est le suivant (**IVLVV, 2019**) :

- - IC : Innamecapaciteit, correspond au CI du système français
- - DE : Darm Eiwit, correspond au PD du système français
- - DVE : Darm Verteerbaar Eiwit, correspond au PDI du système français
- - VSM : Verteerbare stikstofhoudende materie, correspond au MAD du système français
- - VEM : Voeder Eenheid Melk, correspond au UFL du système français
- - VEV : Voeder Eenheid vlees, correspond à l'UFV du système français
- - Mineralen : Ca et P, correspond aux minéraux Ca et P

L'appréciation de la valeur nutritionnelle des fourrages s'appuie sur diverses analyses physico-chimiques en laboratoire. Des indicateurs clés (matière sèche, azote, parois cellulaires, ...), obtenus par des protocoles conventionnels, s'adaptent aisément à la spectrométrie proche infrarouge (SPIR). Ces approches unitaires facilitent l'évaluation rapide et la comparaison rigoureuse des substrats. Le tableau 04 présente des exemples basés sur deux systèmes.

Parmi les outils de spectrométrie, le FT-NIR est effectivement utilisée comme un moyen d'estimation des valeurs alimentaires des aliments fourragers. il permet une analyse rapide et non destructive de la composition chimique de ces aliments, offrant ainsi une estimation des valeurs nutritionnelles. Ce moyen de contrôle efficace contribue à améliorer la qualité et la gestion de l'alimentation du bétail des exploitations d'élevage.

Tableau 04 : Valeurs énergétiques et protéiques estimées des principaux aliments selon les 02 systèmes français et néerlandais (**INRA, 2018 et IVLVV, 2019**)

Aliment	Système Français		Système Néerlandais	
	UFL dans la MS	PDI g/kg MS	KVEM dans la MS	DVE g/kg MS
1 kg d'orge	1,11	87	1,13	94
1 kg de maïs	1,20	91	1,23	98
1 kg de tourteau de soja	1,10	242	1,13	261
1 kg d'ensilage d'herbe vert	0,79	66	0,81	71
1 kg d'ensilage de maïs	0,87	46	0,89	49

N.B : 1 UFL = 0,1 VEM et 1 g de PDI/kg de MS = 1,08 g de DVE/kg de MS

4.2. Dépenses et besoins

4.2.1 Dépense :

Selon l'**INRA (2018)**, les besoins nutritionnels des animaux se divisent en deux catégories. D'une part, les dépenses d'entretien correspondent aux coûts énergétiques inévitables mais non productifs ; d'autre part, les dépenses de production couvrent la croissance ou le rendement, avec une efficacité qui varie selon l'animal.

4.2.1.1- Dépenses d'entretien :

Ces dépenses couvrent les besoins physiologiques essentiels à la survie de l'animal, hors croissance, engraissement ou production laitière. Ils englobent l'énergie nécessaire au métabolisme basal, incluant les fonctions vitales comme la respiration, le rythme cardiaque, les sécrétions hormonales et le maintien du tonus musculaire minimal. Vu que ces exigences génèrent des frais dépourvus de rentabilité immédiate, l'exploitant cherche fréquemment à les minimiser, notamment en :

- Limitant les pertes thermiques bovines via des haies défensives.
- Abaissant le coût métabolique de l'hyperthermie par l'ombrage.
- Hébergeant le bétail dans des bâtiments à climat régulé.

4.2.1.2- Dépenses de production

Ces dépenses résultent de l'élaboration par l'organisme de diverses matières : développement corporel, lipogenèse, gestation, allaitement. Ils sont associés à la création de tissus musculaires, adipeux, fœtaux, de lait, ou de sécrétions génitales chez les mâles. Ces coûts métaboliques engendrent des exigences nutritionnelles fluctuantes suivant l'espèce, l'état physiologique et le rendement. Ainsi, tout métabolisme implique une exigence.

4.2.2. Besoins :

Pour vivre et produire, l'animal a des besoins alimentaires qui sont démontrés sur la figure 05 (INRA, 2018).

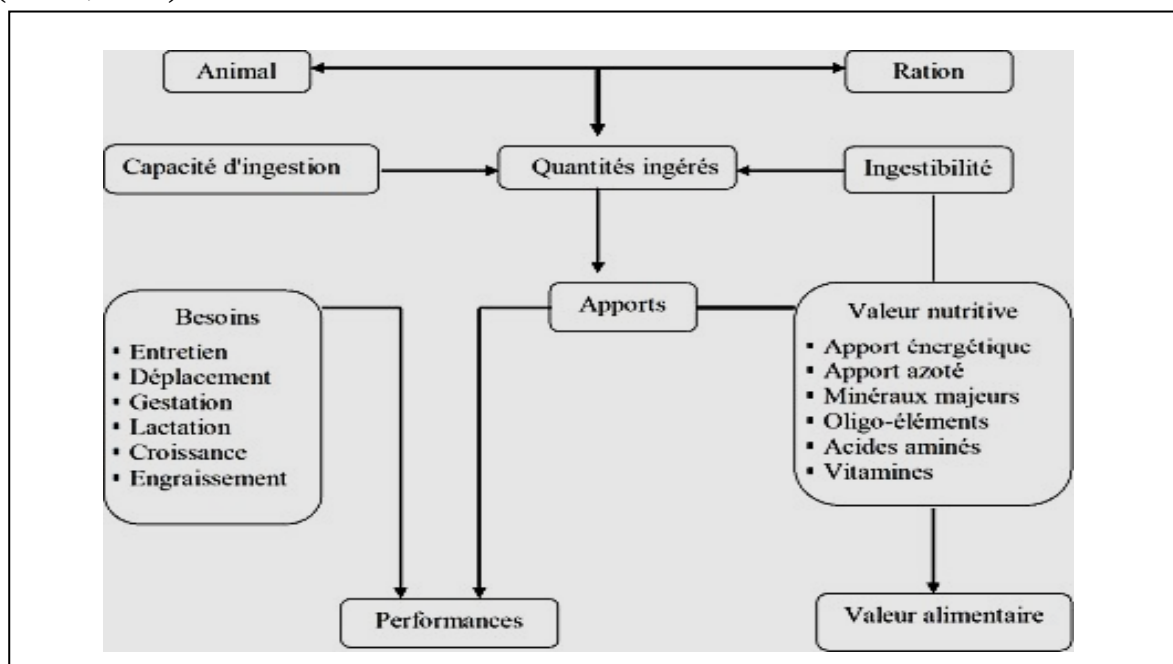


Figure 05 : Relation entre les caractéristiques de l'animal et la ration alimentaire (INRA, 2018)

a- La quantification des exigences nutritionnelles (énergie, azote, minéraux) chez les ruminants en lactation, illustrée en figure 06, dépend de divers facteurs et se réfère aux tables **INRAE, 2021**.

Ces recommandations se mesurent en UFL, UFV, MAD, g de PDI, de Ca ou de P, couvrant ainsi l'ensemble des carences potentielles à éviter.

b- La maintenance de la vache laitière représente le niveau énergétique et nutritionnel requis pour assurer le fonctionnement métabolique de base, hors production, dans un état de vie normale.

Défini par un bilan nul (sans gain ni perte), ce besoin de soutien est étroitement lié au poids vif de l'animal (Cuvelier et al., 2010 ; Fischer et al., 2015).

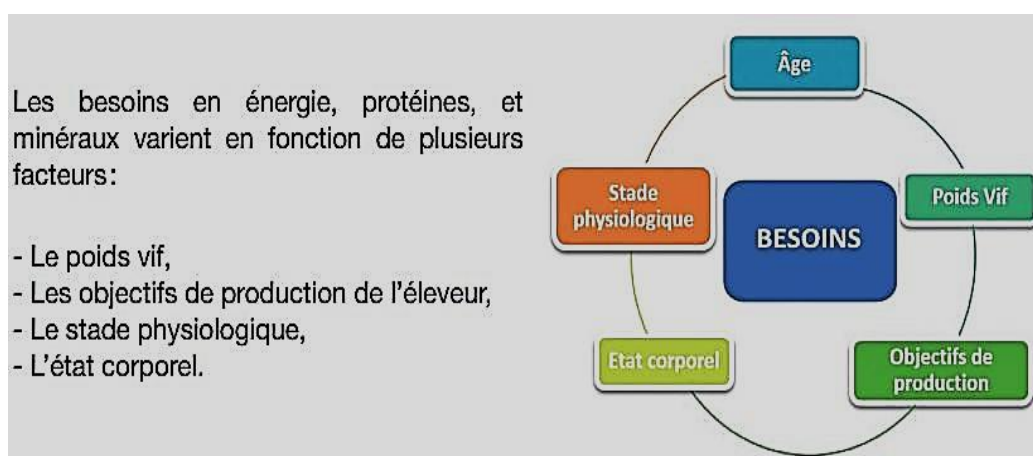


Figure 06 : Besoins des ruminants laitiers (INRA, 2010)

Des mesures effectuées sur un millier de vaches laitières ont montré que les besoins d'entretien dépendent étroitement du métabolisme de l'animal soit de l'état corporel. Les formules suivantes expriment les besoins d'entretien, journaliers, de la vache laitière en fonction du poids vif de l'animal (PV) (selon les préconisations de l'**INRA, 2010**) :

* **Energie** : $UF = 1,5 + PV / 200$

$$UFL = 1,4 + 0,6 \times PV/100$$

* **Matières azotées** : $MAD = 60 \text{ g/100 kg de PV}$

$$PDI = 100 + 0,5 PV$$

* **Minéraux** : $Ca = 6 \text{ g par 100kg de PV}$

$$P = 4,5 \text{ g/100kg de PV}$$

c- Les exigences nutritionnelles pour la lactation doivent satisfaire les coûts métaboliques d'un bovin en activité, générant diverses productions (croissance, lait, gestation, viande). Ces impératifs évoluent selon les rendements et se définissent par les exigences énergétiques et protéiques pour l'élaboration d'un kg de lait standardisé à 4 % de matière grasse (MG) (**INRA, 2010**).

Énergie : 0,4 UF ou 0,43 UFL par kg de lait (4 % MG). Ces indices résultent de l'énergie nette (kcal) d'un kg de lait à 4% TB divisée par le rendement métabolique kl. Soit 750 kcal nettes pour 1 kg de lait à 4% TB, équivalent à 0,4 UF / 0,43 UFL. La vache doit donc ingérer cette énergie nette dans sa ration pour synthétiser ce kg de lait.

Matières azotées : 60 g MAD/kg et 48 à 50 g PDI/kg de lait (4 % MG).

Minéraux : Calcium (3,5 à 4 g/kg) et Phosphore (1,7 g/kg de lait à 4%).

Si le TB diffère de 4 %, l'énergie du lait change. Pour ajuster la quantité de lait (à x % de MG) en équivalent 4 % TB, on applique la formule de Gaine :

$$Q = (0,4 + 15 x) \times L$$

Q : Volume de lait normalisé (kg à 4 % MG).

x : Taux butyreux réel.

L : Production laitière réelle (kg).

La détermination des exigences nutritionnelles repose sur des modélisations arithmétiques basiques. Celles-ci autorisent l'ajustement des rations délivrées en fonction des spécificités propres à chaque sujet (**Hulsen, 2014 ; INRAE, 2021**).

Les dépenses énergétiques, azotées, minérales et vitaminiques sont influencées d'une part par le métabolisme de la vache et ses déplacements journaliers. La couverture suffisante de ses besoins alimentaires journaliers est nécessaire au maintien de son état de santé et ses performances zootechniques.

Suivant l'état physiologique, la vache laitière exprime ses besoins alimentaires variés, qui sont représentés par l'énergie, les matières azotées, les minéraux, les vitamines, et l'eau.

Une alimentation suffisante, entraînera la couverture des besoins d'entretien ; puis de production, qui se répartissent selon l'animal en besoins de croissance, de gestation et de lactation.

d- L'optimisation énergétique de la ration passe par un apport conséquent en glucides. Cette énergie est primordiale pour la thermorégulation et le fonctionnement métabolique vital de l'animal. Les lipides constituent également une source énergétique dense. Les glucides, couvrant ces besoins, incluent des formes simples, complexes, l'amidon, ou la cellulose (**Leborgne et al., 2013 ; Leiber et al., 2020**).

Ces besoins établis en calories chez les humains, s'expriment en unités fourragères UF chez les ruminants.

Le pilotage nutritionnel du cheptel repose sur l'Unité Fourragère Lait (UFL), dont la valeur de référence correspond à l'énergie nette d'un kilo d'orge. Pour évaluer la ration de base, l'**INRAE(2021)**, utilise une équation linéaire ($1,4+0,006 \times PV$) qui indexe les dépenses physiologiques sur le poids vif de l'animal. À titre d'exemple, une vache standard de 650 kg maintenue en stabulation requiert ainsi un apport incompressible de 5,3 UFL par jour pour couvrir ses seules fonctions vitales.

Les besoins de production d'une vache laitière sont eux aussi donnés par la formule : $BP = 0,44 \text{ UFL/L de lait ; à } 4 \% \text{ de matière grasse et } 31 \text{ g de TP}$. Cette expression des besoins est selon la quantité et la qualité du lait produite. Il a retenu aussi, selon l'**INRA (2018)**, que pour une vache de 650 kg produisant 25 kg de lait à un TB 40 et un TP 31, ses besoins en énergie sont de 16,3 UFL.

e- La couverture des besoins en matières azotées sont indispensables d'une part pour la constitution de l'organisme et d'autre part pour la production de l'animal.

Pour ces besoins à apporter dans la ration journalière, on peut citer les protéines, les peptides, les acides aminés, l'urée, etc.

Chez les ruminants, ces besoins en matières azotées s'expriment en grammes de P.D.I. (protéines digestibles dans l'intestin). Cette unité détermine la valeur azotée de chaque aliment en termes de quantités d'acides aminés absorbés dans l'intestin grêle (**Maltz et al., 2013**).

La formule suivante exprime les besoins d'entretien « BE » d'une vache laitière : $BE \text{ (g PDI/j)} = 95 + 0,5 \times PV$. Selon l'**INRA (2018)**, les besoins d'entretien d'une vache de 650 kg, en stabulation, sont de 425 g de PDI par jour.

La formule suivante exprime les besoins en protéines « BP » d'une vache laitière en production : $BP = 48 \text{ g de PDI /L de lait ; à } 4\% \text{ de MG et pour un TP} = 31 \text{ g ; selon TP} : 2 \text{ g de PDI}$

/ point de TP supplémentaire. Leur expression est faite selon la quantité et la qualité du lait produite. Il a retenu aussi, selon l'**INRA (2018)**, que pour une vache de 650 kg produisant 25 kg de lait à un TB 40 et un TP 31, ses besoins en énergie sont de 1625 g de PDI.

- f- Les minéraux (phosphore et calcium) doivent être disponibles dans la ration pour assurer le bon fonctionnement de l'organisme animal. Ces macro-éléments d'intérêt agissent comme des catalyseurs de différentes réactions chimiques. Une mauvaise couverture minérale peut être à l'origine d'une mauvaise croissance, d'un manque de production ou de problèmes de reproduction (**INRA, 2018**).

Les formules suivantes expriment les besoins d'entretien d'une vache laitière :

- $P \text{ abs (g/j)} = 0,83 \text{ MSI} + 0,002 \text{ PV}$
- $Ca \text{ abs (g/j)} = 0,663 \text{ MSI} + 0,008 \text{ PV}$.

Selon l'**INRA (2018)**, une vache de 650 kg en stabulation, ses besoins d'entretien journaliers sont de 17,2 g en phosphore et 17,9 g en calcium.

Les besoins de production d'une vache laitière sont de 0,9 g de phosphore / kg de lait produit et de 1,25 g de calcium / kg de lait produit. Cette expression est faite sur la base d'une quantité et d'une qualité de lait produite. Il faut retenir, selon **INRA (2010)**, que pour une vache de 650 kg produisant 25 kg de lait à un TB 40 et un TP 31, ses besoins en énergie sont de 49,15 g de calcium et de 39,7 g de phosphore.

- g- Les besoins en vitamines des vaches laitières est d'une part pour leur santé et d'autre part pour leur production laitière. Les vitamines A et E sont les plus importantes à surveiller dans l'alimentation, car des carences peuvent avoir un impact direct sur leur santé et leur fertilité. En été, l'herbe fournit suffisamment de vitamine A, mais en hiver, un apport supplémentaire est nécessaire. Les vitamines du groupe B jouent également un rôle important dans la production laitière, et leur supplémentation peut être bénéfique.

- Les vitamines liposolubles sont représentées par :
 - **Vitamine A** : Essentielle pour le développement osseux, la vue et le maintien des tissus mous. Les carences peuvent entraîner une baisse de la fertilité et des problèmes de reproduction.
 - **Vitamine D** : La synthèse par la peau grâce au soleil peut être suffisante, mais un apport complémentaire peut être nécessaire, surtout en hiver.
 - **Vitamine E** : Joue un rôle dans le système immunitaire et la fertilité.
 - Les vitamines hydrosolubles sont représentées par :
- **Vitamines du groupe B** : Essentielles pour la production laitière et la santé globale de la vache. Leur supplémentation, en particulier pour les vaches en début de lactation ou avec un niveau de production élevé, peut être bénéfique.

h- Pour les besoins en eau, les bonnes pratiques alimentaires ne négligent pas les besoins en eau du troupeau laitier. En production laitière, il a été prouvé qu'une restriction de 50% de l'abreuvement fait diminuer de 20% la production laitière. L'eau est le constituant majeur du lait avec une moyenne de 870 grammes par kg. Cela démontre l'importance d'un bon abreuvement journalier de la vache laitière pour une bonne production. Au quotidien, une vache boit en moyenne 110 litres d'eau potable, selon son gabarit, sa production et sa température. Selon l'**INRA (2018)**, la consommation en eau d'une vache laitière doit représenter environ 6,85 L d'eau par litre de lait produit.

Chapitre II : Efficacité de l'alimentation de la vache laitière

1. Enquête et suivi des pratiques alimentaires

La compréhension d'une unité agricole d'élevage laitier, au sein de son contexte et dans sa totalité, souligne la démarche des structures d'élevage visant une certaine « logique » ou « logique gestionnaire » dans l'utilisation des moyens disponibles afin de produire pour répondre à leurs propres exigences (**Cambien, 2007 et Durand, 2017**).

L'évaluation de l'état des exploitations laitières nécessite l'étude de leurs systèmes d'élevage et de leur durabilité et l'analyse des modifications des pratiques réalisables par les éleveurs (**Meynard, 2017**).

Les enquêtes en exploitation constituent une approche de l'expérimentation ou de la modélisation pour répondre aux questions relatives au fonctionnement et aux performances des élevages (**Chatellier, 2020 et Leblanc, 2012**). C'est un procédé efficace en tant que phase exploratoire d'études impliquant le suivi d'un groupe d'exploitations.

Selon **Rastoin et Gherzi (2010)**, pour les enquêtes en élevage, l'approche systémique est la mieux adaptée. Elle repose sur l'appréhension concrète d'un certain nombre de concepts liés à l'élevage et à sa conduite tels que : le système, l'organisation, la régulation, la vision globale et l'évolution.

1.1 Approche systémique ou par catégorie

1.1.1- Définition

Les différents champs de recherche utilisent souvent le terme « système » du modèle international et actuellement « catégorie » du modèle nordique (scandinave) et aussi anglo-saxon mais avec des définitions se rapportant aux différentes disciplines. Étymologiquement, le mot système provient du grec *sustêma* qui signifie "ensemble cohérent" et le mot catégorie provient du grec *katêgoria* qui signifie « classification cohérente des groupes selon des critères de qualité » (**Andrews et al. 2006 ; Depeyrot et Détang-Dessendre, 2024**).

Selon **Dedieu et al. (2008)**, la caractérisation classique d'un système se résume souvent à « un ensemble d'éléments en interaction ». Cette approche, excessivement générique, ne permet pas de fixer un cadre conceptuel rigoureux. Une alternative, également fréquente, décrit le système comme « un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but ».

Quelle que soit la complexité ou la catégorie, ces entités partagent des attributs communs : pour assurer leur pérennité, les systèmes maintiennent une relation permanente avec leur environnement. La condition du système est modélisée par des variables de niveau ou d'état, dont la représentation graphique dépend des outils logiciels. Les composantes du modèle se distinguent entre éléments exogènes et endogènes. Les variables exogènes modélisent les facteurs externes influençant le

système, représentant ainsi le milieu dans lequel il est immergé. Les variables endogènes, quant à elles, définissent les composantes dont la dynamique est entièrement déterminée par la structure interne, sans possibilité d'action directe sur celle-ci (**Keating et McCown, 2001 ; Levallois, 2010**).

1.1.2 Système de production animale

Selon les référentiels de l'**INRAE (2021)**, un système d'élevage (ou catégorie zootechnique) se définit par un regroupement d'unités d'exploitation partageant des similarités dans leurs ressources, structures, contraintes et processus de production, plaçant l'élevage au cœur de leur rentabilité économique. Pour la **FAO (2020)**, ce système constitue un ensemble d'exploitations individuelles possédant un niveau de ressources, des techniques de production et des moyens de subsistance comparables, soumis aux mêmes contraintes, permettant de définir des stratégies de développement et des interventions techniques homogènes. Cette notion représente une modélisation du fonctionnement et des décisions des éleveurs. D'après la **FAO** et la **FIL (2005)**, les buts poursuivis varient, allant de la maximisation des revenus à la recherche d'une meilleure qualité de vie et à la pérennité de l'exploitation. Par ailleurs, cette approche permet d'analyser de façon approfondie les volets structuraux, organisationnels et fonctionnels des fermes. Elle vise, selon **Rigolot et al. 2019**, à cartographier les contraintes et à identifier les leviers permettant aux éleveurs de faire évoluer leurs pratiques.

Selon **Chatellier et Jacquerie (2004)**, le cas du système de production laitière comprend plusieurs sous-systèmes : le système d'élevage et le système fourrager.

1.1.2.1- Système d'élevage

La diversité des systèmes d'élevage laitier repose essentiellement sur la gestion de l'alimentation, distinguant les approches pastorales, mixtes et industrielles. Bien que les fourrages représentent l'essentiel de la matière sèche ingérée, la composition des rations varie géographiquement, influencée par le climat et les cultures locales. L'achat de concentrés (céréales, protéagineux) est une pratique courante de complémentation, venant pallier les limites des ressources fourragères. (**Leblanc, 2012**).

a - Elevages pastoraux

D'après l'Atlas de l'herbivore (**données FAO 2020**), le pastoralisme contribue à environ 9 % de l'offre laitière mondiale, s'appuyant sur une ressource fourragère composée à plus de 90 % d'herbe pâturée. Ces systèmes, caractérisés par une forte mobilité du troupeau adaptée à la disponibilité des ressources, se déploient majoritairement sur des terrains impropres à l'agriculture conventionnelle, tels que les parcours steppiques ou les régions d'altitude. En tant que mode d'exploitation à faible intensité d'intrants, il est présent à l'échelle mondiale, allant de la transhumance européenne au pastoralisme nomade en Afrique ou au ranching en Australie.

b - Elevages mixtes

À l'échelle globale, la polyculture-élevage s'impose comme le modèle dominant (81 %), bien qu'elle revête des réalités très hétérogènes. Ce système repose sur une synergie entre surfaces pastorales et terres arables, où les déjections animales servent de fertilisants pour les cultures (**Chatellier et Jacquerie, 2004**). En Europe, ce schéma est majoritaire et s'appuie sur une gestion diversifiée des ressources fourragères, complétée par des concentrés pour stabiliser et accroître les rendements laitiers annuels.

c - Elevages industriels

Selon l'**INRAE** (2021), les élevages à logique industrielle, bien qu'ils représentent une part minoritaire des volumes mondiaux (moins de 10 %), se caractérisent par une dépendance forte — à hauteur de 90 % — envers des ressources externes (concentrés et fourrages). Souvent qualifiés de « hors-sols » en raison de leur déconnexion du foncier de l'exploitation, ces systèmes se sont développés dès les années 1960 pour répondre à la demande croissante. À l'échelle internationale, cette dynamique est illustrée par les feed-lots laitiers états-unien ou chinois, qui concentrent des dizaines de milliers de vaches avec une main-d'œuvre réduite (**Depeyrot et Détang-Dessendre, 2024**).

1.1.2.2 Système fourrager

Dans ce contexte, la structure fourragère se définit comme une planification stratégique enchaînant des états cibles, visant l'équilibre entre ressources et troupeaux, des ressources à engager, ainsi que des principes décisionnels régissant l'application de techniques pour piloter la production et la consommation (**FAO, 2020**). À des moments stratégiques, les producteurs s'appuient sur des indicateurs d'état, transformés en actions via des règles de gestion spécifiques. Bien que souvent évalués sous l'angle de la productivité ou de l'efficacité, ces systèmes s'apprécient également par le suivi de l'état des stocks et des surfaces pâturables. Selon **Girault et Turbeaux (2012)**, le dispositif fourrager fonde l'alimentation des ruminants. Sa gestion optimale est cruciale dans les structures d'élevage. Pour garantir cette optimisation, il convient de rechercher :

- **L'autonomie fourragère** : avoir la quantité de matière sèche suffisante aux besoins du troupeau
- **L'autonomie alimentaire** : avoir la ration de base la plus qualitative possible pour limiter la complémentation en azote et en énergie.

Une autonomie alimentaire des exploitations laitières peut être obtenue par une limitation des intrants extérieurs et une amélioration de la qualité et de la quantité des fourrages et du concentré produit sur l'exploitation. Le pilotage des fonctions de production des animaux dans un contexte de bonnes pratiques alimentaires est nécessaire à l'amélioration des performances en fonction de leurs besoins (**Gaillard et al., 2016**).

C'est une stratégie qui permet à l'éleveur de mieux maîtriser ses coûts de production en limitant l'achat des aliments de l'extérieur et de garantir la qualité et / ou l'origine des produits alimentaires issus de son exploitation (Kadi et Djellal, 2009).

- **La résistance du système aux aléas climatiques**
- **L'optimisation des intrants, de l'énergie et du travail.**

Pour répondre à tout cela, le système fourrager d'une exploitation doit s'adapter à 3 facteurs : l'exploitation, le troupeau et l'éleveur (figure 07). Un système fourrager réussi est un compromis entre ces trois facteurs, qui permet de nourrir efficacement le troupeau, d'optimiser l'utilisation des ressources de l'exploitation et de répondre aux attentes de l'éleveur.

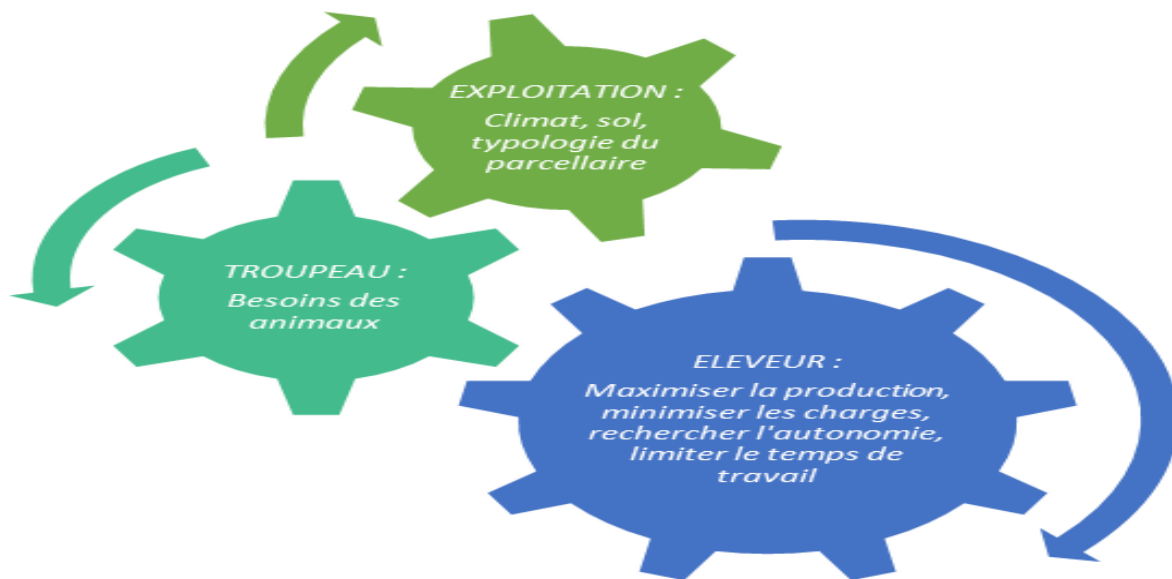


Figure 07 : Composantes d'un système fourrager (INRAE, 2021)

Toutefois, selon la **FAO (2020)**, de nombreux événements peuvent mettre en péril le fragile équilibre. Une sécheresse estivale va, par exemple, entraîner un déficit herbagé préjudiciable. Ce qui exige la mise en place de solutions comme l'exploitation d'espèces mieux adaptées, la production plus précoce au printemps, la valorisation des prairies permanentes...

Les réorientations stratégiques, telles que la conversion à l'agriculture biologique ou l'augmentation de la part d'herbe pâturée, nécessitent souvent une refonte du système fourrager. Ces démarches visent généralement à améliorer l'autonomie alimentaire en optimisant le pâturage. Pour y parvenir, des leviers agronomiques (introduction de légumineuses, prairies multi-espèces) peuvent être combinés à des ajustements zootechniques, notamment l'adaptation du chargement animal ou la synchronisation des besoins du troupeau avec la pousse de l'herbe.

1.2 Enquête pour l'analyse des pratiques alimentaires

Les exploitations agro-élevages sont connues sous forme détaillée grâce aux données recueillies lors des enquêtes agricoles qui portent essentiellement sur leur structure et les pratiques d'agro-

élevage (INRAE, 2021). **Depeyrot et Détang-Dessendre (2024)** qualifient l'exploitation comme étant une unité économique à gestion unique qui participe à la production agricole et animale et qui répond à des critères de dimension. Pour l'institut de l'élevage (**Institut de l'élevage IDELE, 2021**), ces enquêtes doivent répondre à trois objectifs :

- connaître la structure des exploitations et mesurer leur évolution ;
- connaître l'évolution des productions et leur durabilité ;
- suivre les pratiques et caractériser les systèmes de production et mesurer les performances des exploitations.

Les enquêtes en exploitation s'imposent comme une méthodologie pertinente pour analyser le fonctionnement et les performances des systèmes d'élevage. En Algérie, de nombreuses études ont confirmé leur efficacité, notamment en phase exploratoire pour structurer le suivi longitudinal d'un échantillon d'exploitations (**Attia et al., 2019 ; Belkheir et al., 2011 ; Benatallah et al., 2013 ; Boubekour, 2010 ; Meskini et al., 2020**). Plus spécifiquement, le diagnostic des pratiques alimentaires en élevage laitier constitue un levier d'amélioration indispensable. Il permet aux éleveurs d'optimiser leur conduite, tout en offrant aux nutritionnistes une base solide pour le conseil technique (**Rastoin et Gherzi, 2010 ; Thénard et al., 2007**). Pour être complète, la démarche d'enquête doit couvrir l'ensemble des thématiques de l'exploitation, permettant ainsi de collecter des données à la fois descriptives, de contrôle et explicatives.

Selon **Levallois (2010)** et **Maltz (2020)**, l'analyse des données d'enquêtes portant sur des exploitations agricoles s'appuie généralement sur trois approches méthodologiques :

L'approche par variable synthétique : Cette technique agrège un volume important d'informations fiables et chronologiques pour construire un indicateur unique représentatif de la situation des exploitations sur un critère précis.

La méthode du « troupeau moyen » : Elle consiste à créer une entité virtuelle basée sur la moyenne des caractéristiques des exploitations étudiées. Cette modélisation permet d'harmoniser les données recueillies afin de les transformer en variables synthétiques.

L'approche par « variables clés » : Souvent privilégiée dans les études nutritionnelles, cette méthode simplifie l'analyse en se concentrant sur la quantification de facteurs déterminants. Elle implique de définir des indicateurs relatifs aux ressources fourragères, à la conduite alimentaire et aux pratiques d'élevage.

2- Évaluation des pratiques alimentaires

2.1- Optimisation de la ration

L'alimentation animale vise à couvrir l'ensemble des besoins physiologiques, garantissant ainsi la santé, la reproduction et le niveau de production (**INRA, 2018 ; INRAE, 2021 ; IVLVV, 2019**). Chez les ruminants, cette nutrition doit impérativement intégrer les spécificités de leur système

digestif, capable de valoriser les fourrages. Nourrir un ruminant revient ainsi, en premier lieu, à nourrir la microflore ruminale, dont l'activité est complexe (**Lawrence et al., 2015 ; Maxin et al., 2018**). Par conséquent, si les vaches laitières dégradent efficacement les fibres végétales, la complémentation en concentrés doit être raisonnée pour préserver l'équilibre du rumen, indispensable à la valorisation de la ration. Pour que les vaches valorisent au mieux les fourrages, le rationnement du troupeau doit être bien maîtrisé. Selon **Ponter (2016)** et **Soltner (2001)**, l'objectif du contrôle de l'équilibre d'une ration alimentaire est d'obtenir une bonne structure de ration et de respecter ses équilibres physiques et chimiques. Le contrôle de la fibrosité fourragère, qui est liée à la proportion de fibres « physiques » du fourrage, et les équilibres chimiques est un paramètre de grande influence sur la phase de rumination et sur la production des éléments variables du lait, la matière grasse et la matière protéique. Un autre facteur nécessaire est le taux d'humidité de la ration, qui doit être compris entre 40 et 45 %, est le garant de bonnes ingestions.

2.2- Évaluation du rationnement

Plusieurs indicateurs sont à prendre en compte pour contrôler la qualité de la ration.

L'ingestion de la ration est le pilier des apports énergétiques. Il faut donc s'assurer que la ration est distribuée en quantité suffisante et qu'il y a toujours de la nourriture accessible à l'auge. Pour vérifier la disponibilité et les quantités ingérées, il est nécessaire d'examiner plusieurs points à plusieurs moments de la journée, indique **Bodiou (2021)**. Les points clés à surveiller sont :

- Disponibilité de la nourriture :

Vérifiez que la nourriture est accessible à l'auge, en quantité suffisante et à tout moment de la journée.

- Quantité ingérée :

Examinez les quantités de nourriture consommées à différents moments de la journée pour vous assurer que les animaux reçoivent une ration adaptée.

- Qualité de la ration :

S'assurer que la ration est de bonne qualité, qu'elle contient les éléments nutritifs nécessaires et qu'elle est présentée de manière attrayante.

- Consommation de la ration :

Observez les animaux pendant qu'ils mangent pour détecter tout signe de refus ou de difficulté à s'alimenter.

- État de l'auge :

Surveillez l'état de l'auge avant et après la distribution de la nourriture pour évaluer la consommation et la disponibilité.

Suivant l'**IFAW (2023)** et l'**INRAE (2021)**, le suivi de l'équilibre énergétique s'appuie sur la note d'état corporel (NEC) des animaux, évaluant leurs réserves adipeuses, complété par l'analyse de l'évolution du taux protéique (TP) moyen et mensuel, issu du contrôle laitier. Ces TP individuels, marqueurs énergétiques, fléchissent généralement jusqu'au deuxième mois de lactation avant une remontée. Une stagnation après trois mois signale un déficit énergétique de la ration.

Pour assurer un bon fonctionnement du rumen, une ration alimentaire équilibrée est essentielle. L'idéal est une ration avec : 0% d'amidon, une combinaison de sucres et de cellulose, un apport suffisant en azote soluble, des oligo-éléments et vitamines en quantité adéquate, et un pH neutre et stable. Toujours selon l'**INRA (2018)**, un bon rationnement nécessite l'estimation de la capacité d'ingestion et l'évaluation de la couverture des besoins alimentaires.

Initialement, le rationnement nécessite de déterminer la capacité d'ingestion (CI) de la laitière représentative du lot. Il s'agit du volume de matières sèches consommable, ajusté selon les critères intrinsèques de l'animal : âge, race, poids, état de gras et rendement laitier. Évaluer ce plafond quotidien (fourrages et concentrés) est impératif avant toute formulation. L'utilisation du tableau 05 de référence permet de déterminer cette valeur. Exemple : Une vache multipare de 4 ans, affichant 700 kg, 25 kg/jour de lait, note d'état 2,5, en 4ème semaine de lactation :

$$CI = (15,40 + 3,75 + 0,75) \times 0,84 \times 1 \times 0,98 = 16,38 \text{ UE}$$

Cette vache « standard » est capable d'ingérer jusqu'à 16,38 UE (Unité d'Encombrement).

Tableau 05 : Méthode de calcul de la capacité d'ingestion d'une vache (Source : INRA 2018)

Effets principaux						Correctifs multiplicatifs						
Format moyen (kg de poids vif)		Potentiel lait (kg/j)		Réserves (note d'état)		Lactation (nombre de semaines)		Gestation (nombre de semaines)		Maturité (âge en mois)		
						Primi Multi						
450	11,65	tarie	0,00	0,5	3,75	1	0,66	0,74	< 30	1,00	20	0,78
500	12,40	5	0,75	1,0	3,00	2	0,71	0,78	30	0,98	24	0,84
550	13,15	10	1,50	1,5	2,25	3	0,75	0,81	31	0,98	28	0,88
600	13,90	15	2,25	2,0	1,50	4	0,79	0,84	32	0,97	32	0,91
650	14,65	20	3,00	2,5	0,75	6	0,85	0,89	33	0,97	36	0,94
700	15,40	25	3,75	3,0	0,00	8	0,89	0,92	34	0,96	40	0,96
750	16,15	30	4,50	3,5	-0,75	10	0,92	0,94	35	0,94	44	0,97
800	16,90	35	5,25	4,0	-1,50	12	0,94	0,96	36	0,93	48	0,98
		40	6,00	4,5	-2,25	14	0,96	0,97	37	0,91	52	0,98
		45	6,75	5,0	-3,00	16	0,97	0,98	38	0,88	56	0,99
		50	7,50			20	0,98	0,99	39	0,84	> 60	1,00
		55	8,25			24	0,99	0,99	> 40	0,80		
		60	9,00			> 24	1,00	1,00				

CI = (+ +) × × ×

Quantité ingérée par jour (en kg MS) = Capacité d'ingestion (en UE) / Valeur d'encombrement de la ration (UE)

La valeur d'encombrement de la ration est la somme des valeurs d'encombrement des aliments distribués. Ces valeurs sont disponibles dans les tables **INRA (2018)**.

Il est fondamental de maîtriser la capacité d'ingestion d'une vache, au risque de ne pas générer, entre autres, des maladies métaboliques.

La détermination de la capacité d'ingestion est un outil pour un bon calcul de la ration.

En pratique, cela permet de s'assurer que le volume total de la ration ne dépasse pas la capacité de la panse, optimisant ainsi l'apport énergétique.

Une sous-estimation de cette valeur limite la production laitière, tandis qu'une surestimation entraîne un gaspillage alimentaire.

2.3 Évaluation de l'efficacité alimentaire

2.3.1 Définition

L'efficacité alimentaire se définit comme la capacité d'un animal à convertir ses ressources nutritionnelles en produits finis (lait ou viande), se focalisant davantage sur l'optimisation des intrants que sur la simple maximisation de la production individuelle. Ce paramètre est crucial dans l'élevage moderne, agissant comme un levier économique majeur — l'alimentation représentant souvent 70% à 80% des coûts de production — tout en répondant aux impératifs de durabilité environnementale par la réduction des rejets, notamment les gaz à effet de serre.

La performance de conversion alimentaire peut être évaluée au niveau de l'individu, permettant de sélectionner des animaux plus sobres. Chez les bovins laitiers, cette efficacité repose sur des composantes digestives et métaboliques visant une production de lait de qualité. La littérature souligne la nécessité d'évaluer l'impact de la sélection sur l'efficacité alimentaire, notamment en veillant à ce qu'elle n'altère pas la robustesse globale des animaux (**Defrance et al., 2004 ; Linn et al., 2007**)

2.3.2- Mesure de l'efficacité alimentaire

L'optimisation de la nutrition pour améliorer l'efficacité alimentaire (EA) des animaux d'élevage a fait l'objet de travaux approfondis, notamment via les référentiels de l'**INRA (2018)**. Sur le plan biologique, l'EA se définit comme l'aptitude de l'animal à convertir les nutriments ingérés en produits finaux (lait, viande). Cependant, la maîtrise de l'EA à l'échelle d'un système de production impose de gérer la variabilité, tant au niveau des ressources alimentaires (entrées) que des performances zootechniques (sorties), un enjeu particulièrement complexe chez les ruminants. Si les méthodes d'estimation sont variées, la littérature distingue principalement deux approches : les critères fondés sur des ratios (efficacité brute) et ceux basés sur les résidus (efficacité nette).

2.3.3- Critères de mesure de l'efficacité alimentaire

a- Critères basés sur des ratios

L'indice de consommation (« Feed Conversion Ratio » ou FCR) constitue la mesure classique pour quantifier l'efficacité alimentaire (EA), évaluant l'efficacité technico-économique des troupeaux soumis à des régimes ou régies spécifiques. Le FCR définit le rapport entre l'ingestion de matière sèche et le Gain Moyen Quotidien (GMQ) en croissance, ou la production laitière (PL) ajustée en lactation. Inversement, la « Feed Conversion Efficiency » (FCE) évalue la proportion de nutriments valorisés par l'animal (Niemann et al., 2011 ; Rastoin et Ghers, 2010). Toutefois, une sélection axée sur la FCE ou le FCR augmente généralement le GMQ et le poids adulte (Hutjens, 2005), générant ainsi des animaux plus tardifs (Forgeat, 2013 ; Linn et al., 2007).

b- Critères basés sur des résidus

Un indicateur alternatif d'efficacité alimentaire, particulièrement prisé en amélioration génétique, correspond à la consommation résiduelle (*Residual Feed Intake* ou RFI). Cette variable représente l'écart entre la quantité de nourriture réellement ingérée par l'individu (évaluée en matière sèche ou unités fourragères) et le niveau d'ingestion théorique requis pour son niveau de production (Sutter, 2013). Les sujets affichant un RFI négatif sont jugés efficaces, puisque leurs besoins réels s'avèrent inférieurs aux prédictions de modélisation. Fondamentalement, cet indice isole l'ingestion après correction mathématique des dépenses liées au format corporel, aux fluctuations de poids et au rendement laitier, s'imposant ainsi comme un outil d'analyse incontournable. Bien que d'autres mesures similaires coexistent, à l'image du gain résiduel (*Residual Gain* ou RG), leur similarité méthodologique justifie de centrer notre étude uniquement sur le RFI. L'estimation fine de l'ingestion de matière sèche via l'exploitation des données technologiques d'élevage représente un levier majeur pour optimiser la valorisation de la ration chez les vaches laitières.

Pour les ruminants en croissance, la littérature scientifique récente (Connor et al., 2015 ; Manafiazar et al., 2016 ; Mäntysaari et al., 2012 ; Shetty et al., 2017 ; Xi et al., 2016) définit le RFI (Indice de Consommation Résiduel) comme la différence entre la matière sèche ingérée (MSI) observée et celle prédite. Cette part inexpliquée de la variation de la consommation est modélisée par l'équation suivante :

$$MSI_{obs} = \beta_0 + (\beta_1 \times PM) + (\beta_2 \times GMQ) + (\beta_3 \times CC) + RFI$$

Dans cette équation, MSI_{obs} correspond à la consommation moyenne journalière (kg/j), tandis que β_0 à β_3 sont les coefficients de régression associés au poids métabolique ($PM = PV^{0,75}$), au gain moyen quotidien (GMQ, kg/j) et à la composition corporelle (CC). La valeur du GMQ est

généralement déterminée par la pente de la régression du poids vif sur une période minimale de 70 jours, avec des pesées bimensuelles. Il est crucial de noter que le RFI est une mesure relative, spécifique au groupe d'animaux évalué.

Cela a été démontré par la synthèse faite par la **FIBL(2022)** sur des recherches établies par divers spécialistes du domaine de la nutrition animale dont **Connor et al. (2015)**, **Manafiazar et al. (2016)**, **Mäntysaari et al. (2012)**, **Shetty et al. (2017)** et **Xi et al. (2016)**. Ces spécialistes ont démontré (tableau 06) qu'à partir de l'IFR qui représente un paramètre majeur de l'allocation des ressources alimentaires, à partir de laquelle il est possible d'identifier les animaux déviants, c'est-à-dire de ceux qui ont besoin de plus ou moins d'aliments que prévu. Il a été décelé que les bovins laitiers dont le RFI (%) est le plus faible sont considérés comme les plus efficaces. En effet pour une même ration alimentaire à base de 70% de fourrages, 25% d'aliments concentrés et de 5% de complément alimentaire (composé de minéraux et de vitamines), il a été constaté que les vaches laitières ayant eu des repas étalés sur 07 prises, ont eu un RFI % de 2,9 (**Xi et al., 2016**). Celles avec 05 repas, ont obtenu un RFI% entre 7,2 et 7,6 (**Connor et al., 2015 ; Manafiazar et al., 2016 ; Shetty et al., 2017**) alors que celles avec 04 repas, ont eu un RFI% de 9,1 (**Mäntysaari et al., 2012**). Les recherches ont montré que les bovins à faible RFI génèrent moins de méthane par unité de gain de poids vif, avec des différences dans la digestion et le fonctionnement du rumen. L'espace des repas journaliers a amélioré la rumination, la santé métabolique et la performance en production laitière des troupeaux contrôlés.

Tableau 06 : Variation des RFI selon différents auteurs (Synthèse établie par FIBL, 2022).

Auteurs	Nombre de Vaches laitières	MS ingérée Moyenne en kgs	RFI Moyennes-en %	Ecart-type RFI par kg de MS
Mäntysaari et al. (2012)	145	18,7	9,1	1,70
Connor et al. (2015)	453	21,8	7,6	1,65
Manafiazar et al. (2016)	281	19,5	7,2	1,40
Xi et al. (2016)	84	20,3	2,9	0,58
Shetty et al. (2017)	140	22,2	7,5	1,66

2.4 Déterminants biologiques de l'efficacité alimentaire

2.4.1- Considérations générales

Selon la **FIBL (2022)**, l'efficacité alimentaire chez une vache laitière est dans l'utilisation des ressources alimentaires liée à deux grands types de déterminants. La première concerne une meilleure digestion de la ration, ce qui permet d'en tirer plus d'énergie pour l'animal, la seconde est

une meilleure valorisation métabolique, soit par une orientation différente vers les grandes fonctions, soit par un meilleur rendement métabolique. D'autres sources de variabilité existent mais, leur importance étant considérée comme minime comparée aux déterminants digestifs et métaboliques abordés ci-dessous.

2.4.2- Déterminants digestifs

Selon l'**INRAE (2021)**, la méthode de référence pour déterminer la digestibilité apparente des rations repose sur la collecte séparée et totale des déjections (fèces et urines) durant 4 à 7 jours. Cette méthode directe est rigoureuse mais lourde, coûteuse et contraignante, car elle impose le maintien des animaux à l'attache. Pour pallier ces contraintes, des méthodes indirectes sont utilisées, basées sur des marqueurs digestifs (internes ou externes) ou sur l'analyse de la composition fécale, notamment via la spectroscopie dans le proche infrarouge (NIRS).

Il est admis qu'une digestibilité accrue chez les bovins efficaces, résultant d'un temps de rétention plus long dans le rumen, s'accompagne potentiellement d'une production de méthane plus élevée par kilogramme d'aliment ingéré. Cette corrélation interindividuelle entre la capacité digestive ruminale et les émissions de CH₄ est documentée depuis plusieurs années (**Sauvant et Nozière, 2013**). Désormais, l'utilisation de dispositifs de mesure des gaz érucés lors de la traite ou de l'alimentation permet d'évaluer la production de méthane sur des effectifs importants.

Par ailleurs, des approches moléculaires ont mis en évidence des variations significatives au sein des communautés microbiennes du rumen en fonction du RFI (Residual Feed Intake) des bovins. Ces divergences microbiennes sont dépendantes du régime alimentaire (**Xi et al., 2016**), suggérant que l'efficacité digestive, en tant que composante du RFI, est influencée par l'environnement nutritionnel. Au-delà de la sphère ruminale, des particularités anatomiques ont été observées chez les animaux les plus efficaces, notamment une cellularité accrue au niveau des cryptes intestinales du duodénum et de l'iléon (**Boval et al., 2015**).

En s'appuyant sur les travaux de **Xi et al. (2016)** concernant le lien entre RFI et digestion, il apparaît probable que l'efficacité digestive contribue aux écarts de performance observés entre les animaux. Cependant, bien que l'utilisation de variables indirectes de digestibilité permette de phénotyper de grands effectifs, quantifier précisément la part exacte de ce facteur dans les différences d'efficacité alimentaire (EA) globale reste complexe.

2.4.3- Déterminants métaboliques généraux

La littérature scientifique indique que les variations de l'efficacité alimentaire (EA) chez les bovins laitiers, souvent caractérisées par le RFI (consommation résiduelle), trouvent leur origine dans des mécanismes métaboliques distincts (**Faverdin et al., 2010 ; Xi et al., 2016**). Cependant, comme le souligne **Griffoul (2011)**, la corrélation fréquente entre le niveau d'ingestion et le RFI complexifie l'identification des véritables déterminants biologiques de l'efficacité. Pour dépasser ce biais, deux

approches sont envisageables : l'utilisation du gain résiduel (RG), qui compare les animaux à ingestion constante, ou l'analyse physiologique de groupes extrêmes (RFI) sous un régime alimentaire restreint et contrôlé (**Forgeat, 2013 ; Linn et al., 2007**). Par ailleurs, l'exploitation des données génomiques offre une opportunité d'identifier de nouvelles fonctions biologiques associées à l'EA, indépendantes de la régulation de l'appétit (**Sutter, 2013**).

2.4.4- Déterminants du métabolisme énergétique

Des études s'appuyant sur des méthodes de référence suggèrent que les animaux à faible RFI (plus efficaces) présentent un taux métabolique réduit, se traduisant par une thermogenèse moindre par unité de poids métabolique, à niveau d'ingestion égal (**Shetty et al., 2017**). Cet avantage pourrait résulter de besoins d'entretien réduits ou d'une meilleure valorisation de l'énergie métabolisable. Toutefois, chez la vache laitière, la littérature indique que le gain en efficacité est davantage lié à l'augmentation de l'ingestion qu'à une variation génétique de l'utilisation de l'énergie pour la production (**Xi et al., 2016**).

Cette interprétation est renforcée par les travaux de (**Boval et al., 2015**), montrant que la divergence de production de chaleur entre génisses efficaces et inefficaces disparaît en sous-alimentation, suggérant que c'est l'appétit contrasté, plutôt que l'efficacité métabolique intrinsèque, qui dicte les différences observées à volonté. Ce constat est partagé par d'autres auteurs chez les bovins laitiers (**Carjot, 2013 ; Gosselin et Lefebvre, 2005**) et les taurillons (**Andrieu, 2012**). Par conséquent, pour caractériser précisément ces mécanismes, il est crucial d'étudier des animaux extrêmes sous différents niveaux d'alimentation.

2.5- Indicateurs de l'efficacité alimentaire

2.5.1- Temps de rumination

L'activité de rumination constitue un marqueur clé du niveau de fibre fonctionnelle dans la diète. Idéalement, elle devrait dépasser les 8 heures sur une journée. L'appréciation de ce paramètre se fait par l'observation visuelle : plus de la moitié des bovins au repos en logette devraient être en train de ruminer. Ce pourcentage doit s'élever à 90 % deux heures après la distribution des aliments. Des chiffres inférieurs signalent une carence en fibres structurales. En moyenne, on dénombre entre 10 et 15 séquences de rumination quotidienne de 40 minutes, avec des durées totales oscillant de 300 à 600 minutes par vache pour une ration équivalente (**Duffield et al., 2004 ; Sauvant, 2000**).

2.5.2-Remplissage du rumen

L'appréciation de la réplétion du rumen, connue sous le nom de note de remplissage ruminal (NRR), offre des indications cruciales concernant l'ingestion alimentaire et le processus digestif, notamment la cinétique de transit récent. L'observation se réalise en position latérale gauche, en arrière du bovin. Cette notation suit une échelle graduée de 1 à 5 (figure N°08), où 1 signale une fosse paralombaire

très déprimée, tandis que 5 indique un volume maximal avec une jonction continue entre le flanc et l'arc costal (**Beauchemin et Rode, 2012 ; Bossen et Weisbjerg, 2009 ; Croisier, 2014**).

L'évaluation visuelle du remplissage du rumen (ou score de rumen) est un outil de diagnostic essentiel pour l'éleveur, permettant de juger l'appétit et la digestion des bovins en temps réel. En observant le flanc gauche derrière la dernière côte, un score de 3 (idéal) indique un flanc lisse, donnant une forme de « pomme » arrondie. À l'inverse, un creux marqué forme une « poire », signalant un sous-remplissage. Cette observation révèle la quantité d'aliments ingérés ainsi que la vitesse de transit : un flanc très creux indique une faible ingestion ou une dégradation trop rapide, souvent fréquente en début de lactation. Le suivi du remplissage permet d'ajuster rapidement la ration pour éviter les acidoses ou les déficits énergétiques, garantissant ainsi une bonne santé ruminale et des performances laitières optimales. Une vache saine doit présenter un flanc plat à légèrement concave.

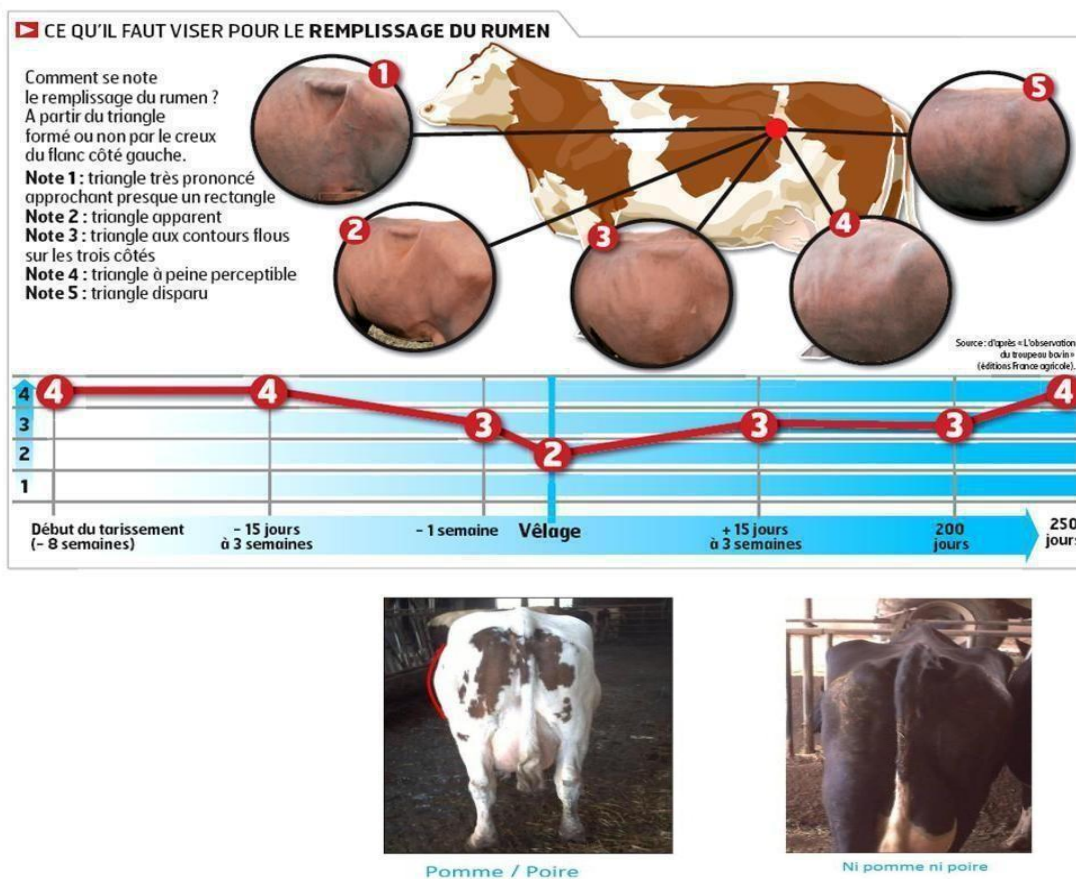


Figure 08 : Notation et évolution idéale du rumen (INRA, 2018)

2.5.3- Etat corporel

La note d'état corporel (NEC) constitue un outil d'évaluation visuelle et palpatoire rapide, permettant d'estimer les réserves adipeuses d'un bovin (**IFAW, 2023**). Après une brève période

d'apprentissage, cette technique s'avère opérationnelle en quelques secondes seulement. Un suivi régulier permet d'identifier les individus les mieux adaptés au régime alimentaire proposé par l'exploitation.

Selon l'**IFAW (2023)**, la méthode standard consiste à observer l'animal par l'arrière, idéalement du côté droit. Néanmoins, pour une précision accrue, il est recommandé d'évaluer à la fois les régions lombaires (arrière) et costales (avant), puis d'effectuer une moyenne, la mobilisation des réserves n'étant pas toujours uniforme chez tous les individus. L'appréciation se fait généralement sur une échelle de 1 (vache très maigre/émaciée) à 5 (vache obèse) (Figure 09).

La dynamique de la NEC évolue au cours du cycle de lactation : elle connaît une baisse inévitable pendant les deux à trois premiers mois (pic de lactation), suivie d'une phase de reconstitution des réserves au cours de la deuxième partie de lactation. L'amplitude de cette variation doit néanmoins être contrôlée pour maintenir la santé de l'animal.

Au-delà de la simple mesure de l'état gras, l'indice BCS renseigne sur l'intensité de la mobilisation des tissus corporels et sur la capacité d'ingestion en début de lactation. Il s'agit donc d'un outil de pilotage prometteur pour limiter une perte de poids excessive (mobilisation intense) et favoriser une meilleure reprise de l'ingestion après le vêlage.

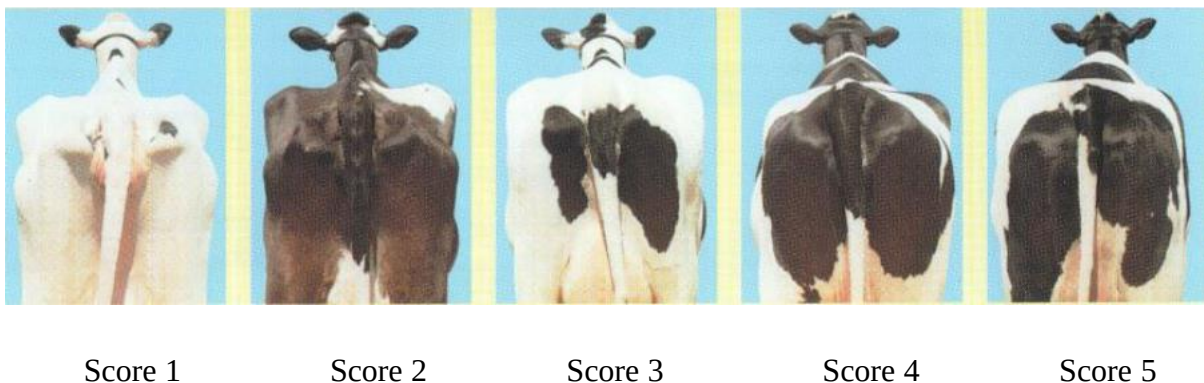


Figure 09 : Note d'état corporel adapté par **Fischer et al., 2015**

2.5.4- Matières fécales

L'analyse des bouses est un indicateur fiable de l'efficacité digestive chez les bovins, reflétant la qualité de la ration ingérée (**IFAW, 2023**). L'évaluation de l'aspect et de la consistance des déjections permet d'ajuster l'alimentation si nécessaire, notamment en augmentant la part d'aliments hautement digestibles. Deux approches complémentaires sont envisageables : l'examen individuel et l'observation au niveau du troupeau (Tableau 07).

Évaluation individuelle : Elle consiste à prélever des bouses fraîches pour un examen visuel et manuel, visant à repérer des particules alimentaires non dégradées. Idéalement, la digestion doit être quasi totale. Le niveau de matière non digérée est noté de 1 à 5, selon la grille de **(Cuvelier et Dufrasne (2015))** : une note de 1 caractérise des bouses sans aucun résidu visible, tandis qu'une note de 5 indique une forte présence d'éléments grossiers facilement identifiables.

Évaluation au niveau du troupeau : L'éleveur peut apprécier la consistance du fumier — soit le ratio entre matière sèche (MS) et eau — directement sur le caillebotis **(Griffoul, 2011)**. Un examen au pied, en piétinant les bouses avec des bottes, permet d'affiner ce diagnostic de terrain.

De plus, une inspection attentive permet de détecter des problèmes de tri à l'auge ou une mauvaise transition alimentaire. Un suivi régulier de ces indicateurs permet d'optimiser les performances zootechniques tout en maintenant la santé digestive du cheptel.

Tableau 07 : Consistance des matières fécales (A partir de **Hulsen, 2010** d'après **Zaaijer et Noordhuizen, 2003**)

Constat/ Score 1	Constat/ Score 2	Constat/ Score 3	Constat/ Score 4	Constat/ Score 5
Excréments à l'aspect luisant, présentant une texture parfaitement uniforme. Absolument aucun débris non digéré n'est décelable visuellement ou au toucher. Score idéal pour les vaches tarées et en lactation.	Déjections d'aspect luisant, présentant une texture uniforme. De rares résidus alimentaires non digérés sont décelables tant visuellement qu'au toucher lors de l'examen. Score acceptable pour les vaches tarées et en lactation.	Excréments d'aspect terne, présentant une texture inégale. Des débris fibreux, non dégradés, adhèrent à la manipulation. Note satisfaisante chez les génisses gestantes ou tarées, toutefois insuffisante pour les bovins en période de production laitière.	Excréments à l'aspect terne, caractérisés par la présence distincte de résidus alimentaires non métabolisés. Indice insuffisant, impliquant une correction indispensable de l'apport nutritionnel de cette alimentation.	Excréments d'aspect opaque, contenant des débris grossiers assez facilement identifiables. Score inadéquat, nécessitant une révision de la ration

2.6. Indicateurs du bien-être-animal des vaches laitières

2.6.1- Considérations générales

D'après le référentiel de l'Organisation mondiale de la santé animale **(WOAH, 2022)**, la notion de bien-être animal désigne fondamentalement « l'état de vie d'un être vivant ». Une vision holistique de cette thématique intègre à la fois la santé physique, l'état psychique ainsi que la capacité à manifester des comportements naturels spécifiques à l'espèce. Le bien-être est considéré comme adéquat dès lors que les animaux sont en pleine forme physique et mentale, se sentent en sécurité

et sont exempts de douleurs, selon les cinq libertés fondamentales :

Liberté 1 : pas de malnutrition, de soif ni de faim

Liberté 2 : pas d'anxiété, de peur ni de détresse

Liberté 3 : pas d'inconfort thermique ou de stress physique

Liberté 4 : pas de maladies, de lésions ni de souffrances

Liberté 5 : faculté d'exprimer son comportement naturel habituel

Selon l'**IFAW (2023)**, les six indicateurs clés qu'il est recommandé de suivre pour les vaches laitières sont définis ci-dessous. Ces indicateurs englobent les composantes physiques, psychologiques et comportementales du bien-être animal.

2.6.2- Motricité

L'évaluation de la motricité permet de déterminer la fréquence et l'intensité des boiteries. Ces troubles locomoteurs représentent un enjeu majeur de bien-être animal, engendrant des douleurs chroniques. Elles provoquent également une baisse de l'ingestion, de l'état corporel, de la production laitière et des performances de reproduction, augmentant in fine le risque de réforme précoce.

2.6.3- Réformes

L'élimination d'animaux du cheptel, via la vente à l'abattoir ou l'euthanasie, définit la réforme. L'**IFAW (2023)** évalue ces taux de renouvellement entre 20 et 25 % au niveau international. Les motifs majeurs regroupent les mammites, la stérilité, les boiteries, les maladies métaboliques, le vieillissement et une faible productivité. Suivre ces retraits permet de diagnostiquer les causes de départs, surtout précoces (réformes subies/involontaires).

2.6.4-Mammites

L'inflammation du tissu mammaire, connue sous le nom de mammite, représente la pathologie la plus fréquente et onéreuse chez les bovins laitiers. Cette affection résulte majoritairement de la pénétration d'agents pathogènes environnementaux à travers le canal du trayon. Suivre rigoureusement l'état sanitaire des mamelles est crucial pour garantir le bien-être animal et la santé du troupeau. D'après le **WOAH (2022)**, si la nutrition n'influence pas directement le taux d'infection, certaines situations critiques (changements de ration, carences ou déséquilibres nutritionnels) sont susceptibles d'affaiblir les mécanismes de défense immunitaires de la vache. Une vigilance alimentaire accrue est donc nécessaire, tout comme l'exploration de diverses pistes en cas de hausse des infections mammaires.

2.6.5- Etat d'engraissement

Pour optimiser la conduite du troupeau, la note d'état d'engraissement sert à évaluer les réserves de graisse, indicateur clé du bilan énergétique. Un suivi attentif est nécessaire, surtout à l'approche du

vêlage et pendant la période de tarissement, afin de piloter la stratégie alimentaire. Le maintien d'un état corporel adéquat garantit un vêlage sans complication et évite les pertes ou gains de poids excessifs, limitant ainsi les risques de maladies métaboliques et garantissant la santé des animaux.

2.6.6- Confort

L'évaluation de l'ambiance et du confort dans les zones de repos se base sur une approche multicritère, combinant l'indice d'utilisation des logettes, le test des genoux (knee-test) et l'observation éthologique. Un logement de qualité est crucial pour limiter les boiteries et favoriser le comportement de repos naturel des vaches. De plus, optimiser le bien-être animal dans les étables est un levier économique direct pour l'éleveur, corrélé à une meilleure productivité laitière.

2.6.7- Comportement du troupeau

Pour mesurer la qualité de la conduite d'élevage, l'observation du comportement, notamment via la distance de fuite, fournit des données objectives. En enregistrant la distance minimale à laquelle un opérateur peut s'approcher avant qu'une vache ne recule, on évalue son état émotionnel. Des vaches calmes tolèrent une approche rapprochée, alors que des individus stressés, craintifs ou souffrants se détournent plus tôt. Cette notation constitue un indicateur représentatif de la relation homme-animal au sein du troupeau, au-delà de la part de tempérament individuel.

2.7 Paramètres biochimiques sanguins

2.7.1- Considérations générales

En accord avec les recommandations internationales de l'**IFAW (2023)** et de l'**OMSA (2022)**, l'analyse biochimique sanguine chez les bovins répond à deux objectifs distincts selon l'échelle d'observation. D'une part, au niveau individuel, elle permet de valider ou d'écarter une hypothèse diagnostique clinique. D'autre part, la réalisation de profils biochimiques sur un lot d'animaux, généralement d'apparence saine, sert à évaluer leur statut métabolique et nutritionnel. Cette approche collective aide à déceler des troubles subcliniques, souvent à l'origine de chutes de production. Pour ces profils, un échantillonnage aléatoire au sein d'un même groupe est préconisé. Il est crucial de noter qu'il n'existe pas de normes universelles ; l'interprétation des résultats doit être contextualisée selon l'élevage et l'état clinique des individus, tout en considérant les variations liées aux conditions de prélèvement. Ces derniers, notamment au niveau de la veine jugulaire ou caudale, sont aisément réalisables chez les bovins. Enfin, la combinaison des examens biochimiques (glycémie, beta-hydroxybutyrate (BHB), acides gras non estérifiés (AGNE), urée, protéines, enzymes hépatiques, macro-éléments tels que Ca et P et de l'hématologie constitue une aide inestimable au diagnostic et à l'établissement du pronostic.

2.7.2-Glycémie

Contrairement aux monogastriques, le métabolisme glucidique des ruminants se distingue par une absorption intestinale directe de glucose très faible, sa disponibilité dépendant principalement de la néoglucogenèse hépatique, largement alimentée par l'acide propionique issu de la fermentation ruminale. Par conséquent, la concentration sérique en glucose reflète l'intensité de la dégradation des glucides alimentaires, l'efficacité de la production d'acide propionique dans le rumen et les capacités de conversion hépatique. Chez les bovins adultes, la glycémie normale se situe généralement entre 0,35 et 0,88 g/L (**Martins et al., 2022 ; Soriani et al., 2015**). Ce paramètre est cependant moins stable que chez d'autres espèces, fluctuant selon le stade physiologique, l'individu, le stress, ainsi que le rythme des repas. Si une hyperglycémie post-prandiale ou de stress est physiologique, une baisse de la glycémie est le témoin d'un déficit énergétique. Bien qu'indicative de désordres nutritionnels, l'interprétation de la glycémie doit être prudente en raison de sa grande variabilité (**WOAH 2022**).

2.7.3- β -hydroxybutyrate

En élevage laitier, le β -hydroxybutyrate est le corps cétonique de référence pour le diagnostic de routine, notamment en raison de sa stabilité après prélèvement sanguin (**WOAH 2022**). Chez la vache laitière, une concentration sérique en BHB supérieure à 1,2 mmol/L est le seuil retenu pour caractériser un état d'acétonémie (ou cétose).

2.7.4- Acides gras non estérifiés

Les acides gras non estérifiés (AGNE) résultent de l'hydrolyse des chylomicrons alimentaires par la lipoprotéine lipase, mais ils reflètent surtout l'état des réserves lipidiques de l'animal. Véritables marqueurs du statut métabolique, ils sont libérés massivement lors de la lipomobilisation pour pallier un déficit énergétique. Une fois dans la circulation, ces acides gras suivent plusieurs voies : ils peuvent être réincorporés sous forme de triglycérides, transformés en corps cétoniques par le foie, ou être extraits par la glande mammaire pour la synthèse des matières grasses lactées (**Nielsen et al., 2006**).

Sur le plan clinique, le suivi des AGNE en période pré-partum est essentiel pour anticiper les troubles métaboliques ou infectieux de début de lactation, notamment les cétozes, la stéatose hépatique, les métrites ou encore les déplacements de caillette. Selon **Paudyal et al. (2018)**, un seuil plasmatique dépassant 0,5 mmol/l est le signe d'une balance énergétique nettement négative. À titre de comparaison, les taux de triglycérides circulants chez la vache laitière oscillent habituellement entre 0,15 et 0,45 g/l (Ponter, 2016).

2.7.5- Urée

L'urée sanguine résulte de la transformation de l'ammoniac produit lors de la dégradation protéique, un processus métabolique majeur (cycle de l'urée) (**MSD, 2024**). Si une uréogénèse basale est nécessaire au catabolisme des protéines corporelles, ce sont surtout les variations de la ration qui dictent l'intensité de la production d'urée. Cette dernière est en effet étroitement liée à la quantité d'azote ingérée, à sa dégradabilité et à la disponibilité énergétique de la ration. De ce fait, le taux d'urée dans le sang est le reflet du rapport PDIN-PDIE/UFL ; il s'élève lorsque les apports azotés sont excédentaires par rapport à l'énergie, limitant ainsi la synthèse microbienne (**Sauvant et al., 2018**). Par ailleurs, une urémie élevée peut indiquer des états pathologiques (déshydratation, choc, néphropathies, urolithiase) ou un catabolisme protéique accru (**WOAH, 2022**). Pour le diagnostic chez les vaches laitières, une concentration dépassant 6 mmol/L (0,36 g/L) est considérée comme anormale, les valeurs physiologiques se situant généralement entre 3 et 5 mmol/L, soit 0,15 à 0,25g/L (**McGuffey, 2017**).

2.7.6- Protéines plasmatiques

Le profil métabolique protéique chez les bovins repose classiquement sur l'analyse de l'albumine, des globulines et du fibrinogène plasmatiques. Si l'urée, l'albumine et les protéines totales permettent d'évaluer la disponibilité protéique, le fibrinogène constitue un marqueur clé des processus inflammatoires. Chez un animal sain, le rapport albumine/globulines se situe généralement entre 0,84 et 0,94 (**Soberon et Van Amburgh, 2017**). Bien que le plasma soit utilisé, le sérum reste le substrat préférentiel pour le dosage de l'albumine et des globulines afin d'éviter les biais liés aux techniques de mesure (réfractométrie vs colorimétrie) du fibrinogène (**Rice et al., 2019**). Enfin, une hyperprotéïnémie traduit une hausse de la fraction albumine, globuline, ou des deux (**Martins et al., 2022**).

2.7.7- Enzymes hépatiques

Le suivi de l'activité enzymatique sanguine constitue un levier diagnostique essentiel pour détecter les atteintes du parenchyme hépatique chez les ruminants. Parmi les marqueurs les plus pertinents, on distingue l'aspartate aminotransférase (ASAT), la lactate déshydrogénase (LDH) et l'isocitrate déshydrogénase (IDH, autrefois dénommée SDH).

Ces enzymes servent de sentinelles pour identifier divers processus pathologiques :

Processus aigus : Leur élévation est particulièrement marquée lors de nécro-inflammations, d'infections parenchymateuses ou d'épisodes toxiques massifs.

Troubles métaboliques et mécaniques : Des hausses significatives sont également documentées en cas de stéatose hépatique (lipidose), de stase veineuse ou de pathologies digestives entraînant une distension du complexe gastrique (**Soberon et Van Amburgh, 2017**).

Chez l'espèce bovine, l'équilibre homéostatique se traduit généralement par les valeurs sériques suivantes (**Paudyal et al., 2018**) :

IDH : Concentration basale inférieure à 5 UI/L.

ASAT : Activité physiologique ne dépassant pas 170 UI/L.

LDH : Plage de variation normale comprise entre 3 et 45 UI/L.

2.7.8-Macroéléments minéraux

2.7.8.1- Calcium

Chez les bovins, la calcémie totale, qui oscille généralement entre 2,2 et 2,7 mmol/L, se répartit en trois fractions distinctes. Selon les travaux de **Soriani et al. (2015)**, environ la moitié du calcium sérique est sous forme ionisée (Ca^{2+}), représentant la fraction biologiquement active. Le reste se compose de calcium lié aux protéines (40 %, principalement à l'albumine) et de calcium complexé à des anions (10 %).

La répartition de ces formes est dynamique et dépend étroitement de l'équilibre acido-basique. Une situation d'acidose favorise la dissociation du calcium protéique, augmentant ainsi la fraction ionisée. Inversement, l'alcalose accroît la liaison du calcium aux protéines, réduisant par conséquent le Ca^{2+} disponible. Par ailleurs, la calciémie totale est dépendante de la protéinémie, notamment du taux d'albumine.

Afin de diagnostiquer plus précisément les hypocalcémies, le dosage du calcium ionisé (valeurs de référence : 1-1,25 mmol/L) est préférable à celui du calcium total, comme l'indique l'organisation mondiale de la santé animale (**WOAH, 2022**).

2.7.8.2- Phosphore

La phosphatémie (phosphore inorganique sérique) est un indicateur dynamique, reflétant l'équilibre entre l'assimilation digestive, l'excrétion (rénale, fécale et salivaire) et le métabolisme osseux. En raison de sa grande réactivité, ce paramètre fluctue rapidement sur un cycle de 24 heures, avec une tendance à la baisse avant l'ingestion et une augmentation postprandiale (**Martins et al., 2022**). Bien que le phosphore sérique soit un indicateur de court terme, **Martins et al. (2022)** soulignent la supériorité de la concentration en phosphore costal pour évaluer le statut nutritionnel à long terme. Chez les bovins, les normes du phosphore total sanguin se situent généralement entre 2,2 et 2,7 mmol/L (**WOAH, 2022**).

Chapitre III : Production et qualité du lait

1- Production et élaboration du lait

1.1- Reproduction et production laitière

1.1.1- Critères de reproduction

La vache laitière, en tant que mammifère doit avoir été en gestation pour pouvoir produire du lait : la production laitière intervient pendant un temps limité après la mise bas. La connaissance du cycle sexuel ainsi que des méthodes de reproduction est essentielle pour l'éleveur (**Perreau, 2014**). En élevage laitier, la fécondité est la clé de voûte d'une bonne lactation et production laitière. La première raison est physiologique : Contrairement aux chèvres qui peuvent garder des lactations longues, la biologie de la vache rend obligatoire une mise à la reproduction régulière pour garder un bon niveau de production, rappelle **Chauveau, 2021**). Si la fécondité, par l'aptitude à avoir un veau par an, est un repère de l'efficacité de la reproduction dans son troupeau, il en existe d'autres : l'intervalle vêlage-vêlage, le taux de réussite en 1^{ère} insémination, le taux de primipares, le taux de vaches en retard, etc...

Le repère du mois moyen en lactation fait le lien entre la reproduction et la rentabilité. « Le mois moyen en lactation ou nombre de jours en lait est considéré comme optimum à 150 jours. Plus il est faible, plus sont nombreuses les vaches proches de leur pic de lactation, donc de la production maximale. » Il poursuit : « Si on passe d'une moyenne de 200 à 168 jours de lactation, le troupeau produit 9 % de lait en plus. Si on atteint les 150 jours, on gagne 15 % de lait.

1.1.2- Cycle sexuel

Le cycle sexuel de l'animal qui atteint la puberté vers 10 mois, dure 21 jours. L'œstrus ou chaleurs intervient au bout du 12^e jour et dure environ 18 heures. La durée d'ovulation est de 13 heures environ, après la fin des chaleurs (**Collectif TECHNIPEL, 2015**).

1.1.3- Génétique

Le producteur recherche pour son cheptel des animaux qui auront une bonne production laitière mais aussi une bonne fécondité (une vache doit mettre bas tous les 12 mois pour être exploitée économiquement) et une bonne longévité. L'amélioration de ces qualités, caractères génétiques héréditaires, est obtenue par la sélection (**Montel et al., 2005**).

L'aptitude des reproducteurs est vérifiée par l'étude des qualités de leurs descendants : tous les animaux étant inscrit dès leur naissance sur un registre du bétail (herd-book) il est possible d'éliminer les animaux de la reproduction si leurs descendants présentent des défauts communs (**SNIG, 2022**).

1.2. Lactation et synthèse du lait

1.2.1. Lactation

La lactation est une fonction physiologique des femelles de mammifères qui se traduit par la sécrétion et l'excrétion de lait par les glandes mammaires après la parturition. La lactation est déclenchée et entretenue par une hormone produite par l'hypophyse, la prolactine. Elle est également entretenue par une voie réflexe nerveuse initiée par la succion du nouveau-né ou par une traite régulière qui provoque la sécrétion d'ocytocine.

Ce neuro-médiateur déclenche la contraction des unités myoépithéliales mammaires, induisant l'expulsion lactée, tout en favorisant la synthèse des composés protéiques du lait (**Perreau, 2014**). La lactation suit une cinétique standardisée chez les bovins laitiers. Le rendement quotidien augmente durant les phases initiales post-partum, atteint un pic selon l'individu, puis s'amointrit de manière constante jusqu'à l'arrêt de la traite (**CIDIL, 2004**).

1.2.2. Structure de la mamelle

La mamelle est constituée de 04 glandes ou quartiers. Ces glandes fonctionnent indépendamment les unes des autres. Parfois on obtient des laits différents de trayon à trayon d'une même mamelle (INRAE. 2020).

Chaque glande comprend une grappe d'alvéoles ou acini, qui sont tapissées par les cellules qui secrètent le lait, des canaux galactophores réunissant un groupe d'alvéoles et qui leur permettent d'évacuer le lait dans la citerne centrale (300 à 400 cm³), un trayon, tétine située sous la citerne et comportant elle-même une citerne et un canal fermé par un sphincter (Levesque, 2008).

Le tissu glandulaire mammaire est intimement enchâssé dans un stroma conjonctif, soutenu par des réseaux vasculaire et lymphatique très développés, et richement innervé. Cette structure complexe assure le support, la vascularisation et la régulation fonctionnelle de la glande.

1.2.3. Synthèse du lait

Le lait est fabriqué à partir du sang et de la lymphe, mais non par simple filtration, puisque la caséine, le lactose, l'acide citrique, spécifiques du lait, ne sont pas présents dans le sang ; il existe une synthèse de ces matériaux « originaux » dans les acini, synthèse dont quelques aspects sont encore mal connus (Maltz, 2020).

On a pu constater simplement que les cellules des acini, au moment de la sécrétion, se gonflaient de matériaux pris dans le sang, jusqu'à faire éclater une de leur extrémité qui tombe, accompagnée d'eau, dans la cavité centrale des acini. Ces matériaux sont choisis par les cellules : ainsi, le lactose provient de la transformation du glucose sanguin ; les protéines sont élaborées à partir des acides aminés libres du plasma ou de ceux issus de la dégradation des protéines plasmatiques ; la

matière grasse dérive en partie du circuit sanguin ou est synthétisée dans la mamelle à partir des acétates du sang (Osorio et al., 2016).

Le lait s'accumule dans la mamelle entre deux traites. Lorsque la pression dans la citerne atteint un certain seuil, la sécrétion, stoppée, se transforme en son contraire, une résorption des constituants déjà élaborés du lait. Le lactose, la caséine, la matière grasse se mettent à diminuer et les laits « de rétention » sont des laits déséquilibrés par rapport au lait normal (Perreau, 2022). Dans la pratique, il faut donc réaliser la traite complètement, « à fond », si l'on veut obtenir des laits de qualité.

1.2.4. Contrôle de la lactogénèse

Sexuelle de l'animal, la sécrétion lactée dépend du développement de la mamelle provoquée par la folliculine, hormone sécrétée par l'ovaire et le placenta. La progestérone, autre hormone sécrétée par le corps jaune, joue aussi un rôle dans ce développement (Taylor et al., 2003). Au moment de l'expulsion du placenta, la folliculine disparaît : sa disparition entraîne la production d'une autre hormone que jusqu'alors la folliculine avait pour rôle d'inhiber, la prolactine. La prolactine est l'hormone galactogène et elle est sécrétée par l'hypophyse, glande cervicale (Dudouet, 2021). C'est l'élaboration continue de prolactine qui entretient la sécrétion lactée mais la prolactine diminue peu à peu, à mesure que l'on s'éloigne de la parturition. Ces facteurs hormonaux varient avec la race, la famille, l'état de santé. L'évacuation du lait au moment de la traite est un réflexe neuro-humoral, provoqué par la réponse de l'hypophyse au stimulus que représente la manipulation du trayon (Taylor et al., 2003). L'hypophyse sécrète pendant environ 10 minutes seulement une hormone « de la traite » l'ocytocine qui provoque la contraction des acini. Aussi faut-il traire rapidement avant l'inactivation du réflexe (au bout de dix minutes environ).

Comme tous les mammifères, une vache ne peut donner du lait qu'à partir du moment où elle a mis bas, après sa reproduction.

1.3-Cycle de production laitière

1.3.1- Courbe de lactation

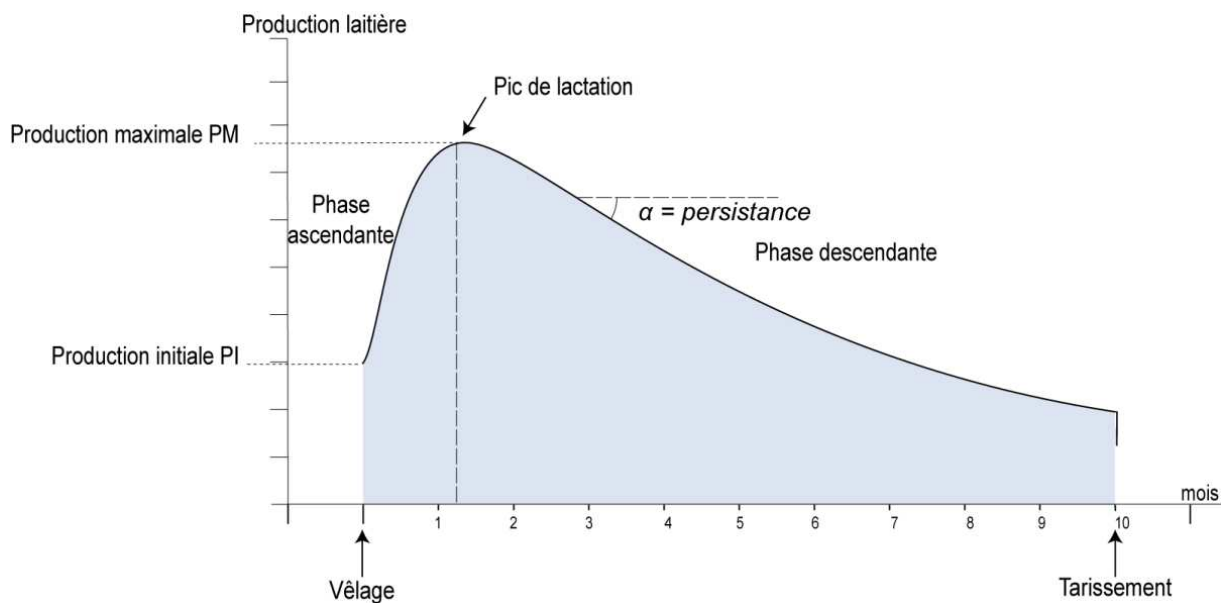
Au cours d'une lactation (production laitière comprise entre deux vêlages consécutifs), la production laitière évolue suivant une courbe sensiblement de même nature chez toutes les vaches laitières (Hanzen, 2010).

La courbe de lactation (figure 10) nous renseigne sur la production laitière d'une vache durant toute sa lactation. Il existe trois phases dans la courbe de lactation. La connaissance de la courbe de lactation est utile pour la sélection et le rationnement des vaches laitières ainsi que pour la bonne

gestion du troupeau (CIDIL, 2004).

Le cycle de production de la vache laitière et basé sur le rythme théorique suivant :

- **Phase 1** : Débutant dès la mise bas, cette étape inclut la consommation du colostrum, suivie de la lactation réelle dès le cinquième jour post-vêlage. S'étalant sur 50 à 60 jours, elle se caractérise par une montée en puissance laitière, où le volume quotidien grimpe rapidement jusqu'à son apogée, communément nommé « pic de lactation ».
- **Phase 2** : Cette période couvre environ sept mois, durant lesquels le rendement laitier amorce une baisse progressive. Souvent désignée improprement comme le « milieu de lactation », c'est en réalité la phase de décroissance, où le volume produit diminue de façon plus ou moins constante et régulière.
- **Phase 3** : Marquée par une chute plus rapide de la production, cette ultime étape est irrégulière et brutale, influencée par la nouvelle gestation en cours. Elle se conclut inévitablement par l'arrêt total de la production, appelé tarissement.



1.3.2- Facteurs de variation de la lactation

1.3.2.1- Considérations générales

Outre la race et l'individu, on doit tenir compte pour apprécier la lactation et la production laitière de certains facteurs :

- De l'âge au premier vêlage : le vêlage précoce à 24 mois est actuellement préconisé car il présente l'avantage de gagner une lactation au cours de la vie de l'animal.
- Du numéro d'ordre de la lactation : la production augmente de la 1^{re} à la 4^e lactation, pour ensuite diminuer.

- De l'intervalle entre le vêlage et la saillie suivante : la production diminue environ 120 jours après la saillie. Cet effet dépressif est dû à la production estrogène dans le placenta.
- De l'époque du vêlage.

Remarque : au début de la lactation pendant 5 à 7 jours, la vache secrète un liquide appelé colostrum qui est strictement réservé aux veaux. Il est distribué aux veaux car sa richesse en anticorps permet au jeune animal de se prémunir contre toute infection (**CIDIL, 2004**).

La dynamique de synthèse lactée durant la lactation relève d'un processus biologique. Sa cinétique ascendante résulte de l'accroissement des capacités sécrétrices des cellules mammaires, tandis que sa pente descendante découle de l'involution progressive de ces unités fonctionnelles. Ainsi, une vache produit du lait environ 300 jours post-partum, avec un rendement évolutif jusqu'à la période de tarissement.

1.3.2.2- Facteurs liés à l'animal

- Race

Il apparaît manifeste (tableau 08) qu'une corrélation génétique étroite existe entre le potentiel laitier et le génotype racial (**Collectif TECHNIPEL, 2015**). La compréhension des déterminants influençant la lactogénèse est cruciale. Si une moyenne de 28 litres par jour sur une lactation de 10 mois est souvent citée, ce volume reste très indicatif, fluctuant nettement selon l'aptitude raciale. L'analyse du tableau 09 met en évidence la supériorité de la Prim'Holstein, capable d'atteindre 9700 litres, soit près du double d'une Tarentaise. Les races Montbéliarde, Normande, Jersiaise, Brune, Simmental Française et les croisés se distinguent aussi. Identifier ces performances est indispensable pour optimiser la sélection des effectifs.

Tableau 08 : Production laitière par race (Collectif TECHNIPEL, 2015)

Race	Lactation en jours	Production moyenne kg	TB g/kg	MP Kg	TP g/kg
Prim'Holstein	305	9 704	40,7	315	32,5
Montbéliarde	305	7 719	39,3	258	33,5
Normande	305	7 011	42,7	246	35,0
Croisé	305	7 889	40,9	260	32,9
Abondance	300	5 742	36,4	191	33,2
Brune	305	7 850	42,6	273	34,8
Simmental Française	300	6 755	40,6	230	34,0
Jersiaise	294	5 302	56,3	206	38,9
Tarentaise	292	4 481	36,9	146	32,7

- Le rang de lactation

L'ordre de parité influence l'évolution du rendement laitier (tableau 09). La courbe de lactation montre une relative stabilité entre les première et quatrième mises bas, suivie d'une diminution graduelle dès la cinquième jusqu'à la huitième. Cependant, les disparités inter-troupeaux résultent davantage de l'environnement et de la nutrition que de la génétique.

Tableau 09 : Productions laitières brutes par rang de lactation chez la race Prim'Holstein
(Collectif TECHNIPEL, 2015)

Rang de Lactation	Age au Vêlage mois	Durée lactation jours	Production moyenne kg	TB g/kg	TP g/kg
1ère lactation	29	305	8 734	40,5	32,7
2ème lactation	43	305	10 126	40,9	32,7
3ème lactation	56	305	10 464	40,9	32,3
4ème lactation	70	305	10 400	40,8	32,1
5ème lactation	83	303	10 081	40,7	31,8
6ème lactation	96	301	9 646	40,3	31,5
7ème lactation	109	291	9 128	40,0	31,3
8ème lactation et plus	127	286	8 389	39,6	30,9
Toutes lactations		300	9 704	40,5	31,9

- Etat corporel

Phase intermédiaire de lactation : le bovin compense son déficit pondéral initial, s'étalant de la douzième à la vingt-quatrième semaine suivant la mise bas. L'appréciation de l'état corporel se situe idéalement de 2,5 à 3 points (Nelf et al. 2015).

Période de lactation tardive : la ration doit couvrir le rendement laitier ainsi que les exigences de la gestation, du 168ème jour post-partum jusqu'à la période de tarissement. Dès le 60ème-100ème jour avant l'arrêt de traite : l'état physique, oscille entre 3 et 3,5 (Nelf et al., 2015).

Au tarissement : la notation corporelle se situe de 3 à 4, équivalente aux objectifs fixés au vêlage (IFAW, 2023).

- État de santé

Les pathologies altèrent considérablement la performance ainsi que la santé animale. L'impact économique direct est évalué à 17 % du produit brut des filières d'élevage. Par exemple, une mammites chronique entraîne une réduction de 10 % du rendement laitier, une chute de 1 à 2 % des taux protéique, butyreux et lactosique, en plus d'augmenter le pH (WOAH, 2022).

1.3.2.3- Facteurs liés à la conduite d'élevage

La synthèse et la composition du lait sont fortement conditionnées par la quantité de nutriments

disponibles, liée aux quantités ingérées et à la composition de la ration.

Les paramètres suivants, cités ci-dessous, peuvent donner des renseignements sur le statut nutritionnel et être utilisés pour l'évaluation de la ration de la vache laitière (**Ponter, 2016**).

- **Taux butyreux**

La concentration en matière grasse ou taux butyreux (TB) dépend étroitement de l'équilibre de la diète (notamment l'apport en NDF, sucres, amidon et lipides) ainsi que de la forme physique des fourrages (**Alves, 2007 et INRAE, 2021**).

La teneur butyreuse du lait est un indicateur sensible de multiples facteurs nutritionnels. Par conséquent, les variations du TB trahissent souvent des dysfonctionnements dans la ration. Un diagnostic sur site permet d'identifier ces erreurs alimentaires, via l'inspection de la ration, la vérification de la mélangeuse et l'usage d'un tamis de contrôle. Toutefois, des désordres métaboliques peuvent coexister, masquant une baisse du TB. En début de lactation, une sous-alimentation engendre parfois acidose et cétose simultanément (**Peyraud et Apper-Bossard, 2006**). L'acidose provoque une chute du TB par baisse du pH ruminal, tandis que la cétose induit une hausse du TB due à la lipomobilisation (**Lessire et Rollin, 2013**). Cette interférence produit in fine un TB apparent normal.

- **Taux protéique**

La concentration en azote et la disponibilité énergétique de la ration constituent les déterminants majeurs de la synthèse protéique mammaire, le taux protéique (TP) ayant tendance à s'abaisser lors d'une hausse du volume laitier (**Osorio et al., 2016**). La synthèse de protéines microbiennes de haute valeur biologique, valorisant l'azote ruminal, est primordiale pour optimiser la composition du lait (**INRA, 2018**).

Le taux d'urée dans le lait est un indicateur fiable du métabolisme azoté ruminal. Une valeur sous les 15 mg/100 ml de lait signale une carence en azote, limitant fortement la flore bactérienne (**Sauvant et al., 2018**). Cela engendre une chute des performances laitières. La zone optimale se situe entre 20 et 25 mg/100 ml de lait. Un taux dépassant 30 mg/100 ml révèle une suralimentation protéique et un déséquilibre énergétique. Les niveaux d'urée traduisent l'adéquation ruminale. Un taux de 20 à 25 mg/100 ml témoigne d'un équilibre optimal des nutriments (**McGuffey, 2017**).

- **Rapport TB – TP**

L'analyse du ratio taux butyreux sur taux protéique (TB/TP) constitue une méthode pertinente pour identifier des désordres métaboliques, notamment l'acidose ou la cétose, au niveau individuel ou du lot (**Soberon et Van Amburgh, 2017**). Selon **Peyraud et Apper-Bossard (2006)**, un quotient inférieur à 1,1 signale une acidose subclinique, souvent liée à une carence en fibres structurales qui altère le pouvoir tampon du rumen. À l'inverse, une valeur supérieure à 1,5 révèle un état de cétose. La pertinence de cet indicateur réside dans un calcul systématique par vache. Si plus de 10 % du troupeau en phase de démarrage de lactation présente ces déséquilibres (ratio trop faible ou élevé), cela révèle une problématique nutritionnelle globale nécessitant une correction rapide.

- **Nombre de traite**

Passer de deux à trois traites quotidiennes engendre une hausse de 10 % du volume de lait récolté (**Perreau, 2022**). D'après cette recherche, une fréquence de traite unique journalière, maintenue sur 7 semaines en milieu de lactation chez des Prim'Holstein et Montbéliardes, ne provoque aucun souci sanitaire majeur. Toutefois, une réduction de la production laitière a été observée, atteignant 23 % pour les Prim'Holstein contre 15 % pour les Montbéliardes. D'après **Reynaud (2010)**, la suppression d'une traite par semaine est correctement tolérée par les vaches laitières à haut potentiel. Les bovins s'habituent rapidement à ce rythme, induisant de légères baisses de rendement (comprises entre -1 et -3,5 %).

1.3.2.4- Facteurs liés à l'environnement

- **Climat**

La résistance thermique animale s'oppose à son niveau de performance ; ainsi, les sujets à faible rendement supportent mieux les fortes chaleurs (**Perreau, 2014**). Une ambiance optimale pour la productivité se situe vers 15°C, tandis qu'au-delà, entre 25 et 30°C, les rendements laitiers chutent de 5 à 25%. De plus, le stress thermique engendre une hausse des besoins de maintenance, une ingestion réduite, des désordres métaboliques et hormonaux, ainsi qu'une perturbation ruminale, limitant l'énergie disponible pour la lactation (**INRA, 2018**).

- **Saison de vêlage**

Les fluctuations saisonnières impactent de façon déterminante le rendement et la composition du lait. Les volumes les plus importants s'observent lors de mises bas hivernales, profitant de la disponibilité en fourrage vert. À l'inverse, les démarrages au printemps (climat doux, meilleure ressource) et en automne présentent des performances intermédiaires, tandis que les lactations estivales sont moindres, l'hyperthermie limitant l'expression du potentiel génétique

(INRA 2018). Par ailleurs, **Montel et al. (2005)** ont démontré qu'un éclairage artificiel prolongé (15-16 h/jour) stimule la production, bien qu'il puisse réduire la concentration en matières utiles du lait.

- Habitat et hygiène de l'environnement

L'adoption des bonnes pratiques d'hygiène lors de la traite est essentielle pour éviter que des bactéries présentes sur les trayons ne pénètrent via les quartiers aux tissus mammaires et conduisent à des infections, responsables de mammites cliniques et de cellules dans le lait (**Levesque, 2008 et Perreau, 2014**). Selon l'**IDF (2018)**, le recueil des premiers jets de lait avant la traite sert à vidanger les bactéries du canal et à stimuler l'écoulement du lait par production d'ocytocine. C'est une étape incontournable pour détecter les premiers signes de mammite.

L'éleveur doit porter des vêtements spécifiques et avant de commencer, il doit nettoyer et désinfecter les mains. L'emploi de gants est intéressant s'il est maîtrisé mais cela peut donner une fausse impression de sécurité si on ne fait pas attention à ce que l'on touche (**Perreau, 2014**).

L'éleveur doit travailler dans un environnement propre, sans stress, suffisamment éclairé et propice aux diagnostics (**Levesque, 2008**). L'examen visuel permanent des mamelles des vaches en production permet d'identifier une mammite clinique (mamelles tuméfiées, rouges et chaudes) ou d'observer des lésions sur les trayons (gerçures, verrues...).

Aussi les vaches laitières doivent être en bonne santé. Un suivi rigoureux des vaches sous traitement évitera la production de laits avec des résidus d'antibiotiques impropres à la consommation humaine et à risque pour la transformation.

2- Qualité du lait

2.1- Effet des conditions de la traite

L'un des objectifs essentiels de la traite est d'obtenir un lait sain à la production. Or à la sortie de la mamelle, le lait est à 35/37°C environ : cette température favorise particulièrement le développement des micro-organismes et l'acidification de la matière première (**Vignola, 2010**). La collecte du lait ayant lieu généralement toutes les 48 heures, il convient de réfrigérer le lait.

2.2- Critères physico-chimiques et microbiologiques

2.2.1- Critères d'agrément physico-chimique

La maîtrise d'une composition standard du lait s'articule essentiellement autour de quatre constituants principaux qui sont les glucides, les protéines, les lipides et les sels minéraux (**Alais et Linden, 2004 ; Craig et al., 2022 ; Little et al., 2016 ; Vilain, 2010**) et d'autres éléments à savoir : Les vitamines et les enzymes.

a - Composition globale du lait

➤ D'un point de vue physique, le lait se définit comme un système dispersé complexe structuré en trois niveaux (Alves, 2007) :

Émulsion grasse : des gouttelettes lipidiques dispersées en milieu aqueux.

Suspension colloïdale : des micelles protéiques insolubles, principalement des caséines.

Phase sérique : le lactosérum, solution aqueuse contenant sucres, minéraux et vitamines hydrosolubles.

➤ Chimiquement, la composition lactée fluctue selon divers paramètres (race, alimentation, saison) d'après Alais et Linden (2004) et Alves (2007). L'IDF (2018) établit la répartition moyenne des composants comme suit :

L'eau : constituant majeur atteignant 902 g. L⁻¹, la matière sèche se limitant à 130 g. L⁻¹.

Les glucides : dominés par le lactose, disaccharide formé de glucose et de galactose. Les glucides secondaires n'existent qu'à l'état de trace.

Les lipides : organisés en globules gras sphériques dans la phase aqueuse, avec un cœur de triglycérides entouré d'une membrane riche en phospholipides et protéines.

La matière azotée : scindée en protéines (95 %) et composés azotés non protéiques (5 %). La fraction protéique se divise en :

Caséines (80 %) : protéines majoritaires et caractéristiques.

Protéines sériques (20 %) : protéines solubles à haute valeur nutritionnelle β -lactoglobuline, α -lactalbumine, immunoglobulines). Les matières azotées non protéiques incluent créatinine, acides aminés.

Composants inorganiques : Éléments minéraux majeurs incluant calcium (Ca), sodium (Na), potassium (K), phosphates (P) et chlorures (Cl).

Biocatalyseurs : Près de soixante enzymes sont recensées dans le produit, bien que leurs fonctions exactes restent parfois incertaines. Plusieurs, telle la lactoperoxydase, la xanthine oxydase ou la ribonucléase, sont quasi absentes du lait maternel. Avec la lactoperoxydase, la xanthine oxydase participe activement au rancissement. Quant à la catalase, sa concentration sert d'indice d'hygiène ; ce taux, corrélé à la charge bactérienne (contamination), s'élève lors de mammites.

Substances vitaminiques : Le lait recèle des vitamines liposolubles (A, K, D3, E) ainsi que des hydrosolubles (groupe B et vitamine C). La concentration de ces nutriments varie considérablement en fonction du régime alimentaire de l'animal.

Microbiote : On distingue deux groupes : les germes technologiques (bactéries lactiques) et les agents pathogènes.

b - Paramètres d'agrégation physico-chimiques

Selon l'**IDF (2018)**, les techniques d'agrégation physico-chimiques se résument comme suit :

- Propreté

Les conditions de production sont telles de nos jours, que le contrôle de la propreté ne s'impose plus. Il consiste à filtrer sur une rondelle d'ouate (lactofiltreur ou pompe Van Dorm) un volume connu de lait. On note de 0 à 10 d'après des disques témoins, en attribuant la cote la plus élevée au lait le plus propre. Il faut noter qu'il n'y a pas obligatoirement un rapport entre la quantité d'impuretés et la richesse en germes.

-Masse volumique

La densité d'un lait est le rapport des masses d'un volume de lait et d'un même volume d'eau à 20°C. La masse volumique d'un lait normal varie de 1,030 à 1,033. L'écémage du lait et l'addition d'eau (fraude) diminuent la masse volumique. On utilise un aéromètre (ou un thermos-lactodensimètre) et on effectue plusieurs lectures consécutives, la température de l'échantillon étant portée à 20°C.

-Matière grasse (méthode Gerber)

On dissout les matières sèches (notamment protéines) à l'acide sulfurique. En ajoutant de l'alcool amylique dans le butyromètre (pipette spéciale pour cette analyse) et, après centrifugation, on obtient une colonne claire et transparente de matière grasse dont on peut lire la hauteur dans la partie graduée du butyromètre.

- Teneur en protéines

On entend par teneur en protéines la quantité de matière azotée totale, exprimée en grammes par litre de lait, obtenue en multipliant par le coefficient 6,39 la teneur en azote du lait déterminée par la méthode de Kjeldahl (minéralisation suivie d'une distillation).

Une autre méthode consiste, à partir de la matière azotée du lait, à former un complexe insoluble à l'aide d'un colorant, le noir amido, et à doser par colorimétrie la quantité de colorant non fixée. La teneur en matière azotée est déterminée à l'aide d'une courbe étalon établi en fonction de la densité optique selon la méthode de Kjeldahl.

- Extrait sec

On peut mesurer l'extrait sec total par dessiccation à l'étuve, ou le calculer selon la masse volumique et la teneur en matière grasse. La valeur de l'extrait sec dégraissé d'un litre de lait est généralement de 90g. Un extrait sec-au-dessous de 80 indique un mouillage ou un lait anormal.

- Teneur en acidité lactique

A la sortie de la mamelle, le lait, très légèrement acide, mesure 14 à 15 degrés Dornic. Un degré Dornic correspond à une acidité (en acide lactique) d'un décigramme par litre. A 27 degrés Dornic, un lait porté à ébullition coagule et, à 68 ou 70 degrés Dornic, il coagule spontanément.

On titre l'acidité du lait en mesurant la quantité de soude qu'il a fallu ajouter au lait pour le faire virer au rose (en présence de phénolphthaléine comme indicateur) et en calculant la quantité d'acide lactique neutralisée correspondante.

- pH

Le lait frais normal a un pH de 6,8 environ, et il reste longtemps à cette valeur sous l'effet de certains inhibiteurs qu'il possède. Il colore le bleu de bromothymol en jaune verdâtre. Une coloration jaune clair à vert indique un pH de 3 à 6 (lait acide), une coloration vert foncé à bleu indique un pH 8 à 9,5 (lait alcalin).

La mesure du pH permet de détecter, à l'étable, les laits anormaux et de suivre l'évolution de la flore microbienne au laboratoire ou en cours de fabrication. Certaines infections (mammites) tendent à l'élever, d'autres à l'abaisser.

- Stabilité du lait (épreuve à l'alcool)

Cette épreuve, variante du contrôle de l'acidité, permet de rendre compte de la stabilité du lait (aptitude aux traitements thermiques). L'addition au lait d'un volume d'alcool de titre connu provoque ou non la coagulation selon l'importance de la prolifération microbienne. L'absence de coagulation indique que le lait est apte à subir des traitements thermiques.

2.2.2- Critères d'agrégation microbiologique

La qualité sanitaire du lait cru est déterminante pour son orientation technologique, constituant un enjeu majeur à la fois pour la protection des consommateurs et pour la réussite de la transformation laitière (**Jeantet et al., 2017**). Elle se mesure principalement par l'évaluation de la flore totale, qui inclut des germes utiles à la transformation, mais aussi des microorganismes d'altération ou pathogènes, notamment les spores butyriques.

a- Numération des germes totaux

La flore totale représente l'ensemble des microorganismes, essentiellement bactériens, présents dans le lait. Bien que le lait soit stérile dans la mamelle, il est colonisé dès la traite par des germes issus de l'environnement de l'animal (litière, peau des trayons), du matériel de traite et du stockage. L'augmentation de ce dénombrement signale souvent une défaillance dans l'hygiène de traite ou dans la chaîne du froid, une rupture de réfrigération pouvant entraîner une prolifération bactérienne rapide, dépassant fréquemment les seuils de qualité.

b - Les germes butyriques (*Clostridium tyrobutyricum*)

Les bactéries butyriques, ubiquistes dans les sols, constituent une menace technologique majeure en filière laitière, sans pour autant présenter de risque pathogène pour l'homme ou l'animal.

Bien qu'elles ne soient présentes qu'en faible concentration (quelques dizaines de spores par litre), leur résistance aux traitements thermiques leur permet de survivre à la pasteurisation. Lors de l'affinage, ces spores germent et causent des défauts technologiques majeurs — gonflement tardif, trous, et altérations organoleptiques (goût/odeur) — entraînant la perte de valeur des fromages.

La contamination du lait résulte d'un transfert environnemental. Sous forme de spores, ces microorganismes persistent dans le milieu naturel et contaminent les fourrages, particulièrement les ensilages mal conservés ou insuffisamment tassés, caractérisés par un pH élevé (>4) et une présence de terre. Une fois ingérées par la vache, ces spores transitent, mais c'est le milieu anaérobie du rumen qui favorise leur multiplication, plutôt qu'une prolifération dans l'environnement direct.

Le tractus digestif bovin offre un environnement propice à la levée de dormance des spores (température de 37°C, anaérobiose, humidité et pH adéquat), permettant aux bactéries butyriques de se multiplier. Ces nouvelles générations traversent le tube digestif et sont excrétées sous forme de spores dans les bouses, entraînant une contamination fécale cent fois supérieure à celle du fourrage initial. Ce cycle fécale-oral perpétue la présence de la bactérie dans l'exploitation via la contamination de l'herbe, de l'eau et des aliments.

Lors de la traite, les spores présentes dans les bouses contaminent le lait en cas de défaillance de l'hygiène, notamment par des trayons souillés ou des manchons trayeurs contaminés. La contamination du lait par ces germes est en effet directement liée à la propreté des vaches lors de la traite.

La maîtrise des butyriques en élevage repose par conséquent sur deux piliers :

La gestion des fourrages : La qualité de la récolte et la conservation de l'ensilage sont cruciales. Une analyse fourragère permet de mesurer le risque ; un ensilage de bonne qualité doit contenir moins de 100 spores/g, ce qui garantit une faible contamination du lait.

L'hygiène de traite : La propreté des vaches est primordiale pour éviter le transfert des spores de la bouse vers le lait.

c - Les germes pathogènes

La qualité sanitaire du lait et des produits laitiers est directement menacée par la présence de micro-organismes pathogènes, dont l'origine est binaire :

1- Origine mammaire : Les mammites infectieuses (staphylocoques, streptocoques, coliformes) induisent une multiplication rapide de germes dans le lait de la vache.

2- Origine environnementale : Les souillures (fumier, litière, terre) constituent une source majeure de contamination par des bactéries telluriques ou fécales, notamment *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, et *Escherichia coli*, justifiant des contrôles stricts pour les transformations au lait cru.

La présence constante de ces germes dans l'environnement impose une gestion préventive stricte tout au long du processus de production :

- **Limiter les contaminations à la source** : La maîtrise de la qualité des fourrages, de l'eau d'abreuvement et la lutte contre les nuisibles réduisent la charge bactérienne.
- **Sécuriser la traite** : La propreté des animaux, la désinfection des trayons, ainsi que l'entretien rigoureux du matériel de traite (nettoyage et désinfection) sont essentiels pour limiter le transfert des bactéries vers le lait.

Par contre, les critères d'agrément microbiologiques sont établis comme suit par l'**IDF (2018)** :

a - Epreuve de la réductase

Les bactéries contenues dans le lait ont un pouvoir réducteur plus au moins marqué. Elles réduisent le bleu de méthylène en le décolorant (passage du bleu au blanc). On mesure le temps de décoloration qui indique approximativement le degré de contamination ou de prolifération microbienne du lait à contrôler. Un lait qui décolore le bleu de méthylène en 1 heure est à rejeter. Un lait qui décolore le bleu de méthylène en 6 heures est excellent. Il existe une autre méthode utilisant comme colorant la résazurine. Cette méthode est plus rapide mais plus délicate d'utilisation, le réactif étant plus fragile.

b - Dénombrement microbien

Il consiste à introduire aseptiquement un volume déterminé de lait dans une boîte de Pétri où est placé un milieu solide favorable au développement microbien. Chaque micro-organisme présent se développe pour former une colonie microbienne visible à l'œil nu. On procède alors au dénombrement de ces colonies, le résultat étant exprimé en nombre de germes par millilitre de lait. Ce dénombrement microbien peut également s'effectuer par comptage direct sous microscope. Selon le milieu de culture et les conditions d'incubation employés (température temps), on peut ainsi dénombrer différents groupes microbiens (germes totaux, mésophiles, psychrotrophes,).

c - Recherche des bactéries coliformes

Les coliformes sont des germes qui provoquent différentes altérations du lait, en particulier des odeurs désagréables et surtout la formation de gaz. Ils sont, par exemple, responsables du gonflement précoce des fromages à pâte molle ils sont donc indésirables dans le lait. Le plus souvent ces germes proviennent de fèces ou d'eau polluée. Par ailleurs, certaines souches sont pathogènes. Il est donc important de chiffrer la présence de cette flore. On repère les bactéries coliformes grâce au pouvoir qu'elles ont de fermenter le lactose avec production de gaz, après incubation sur un milieu liquide spécifique.

2.2.3- Autres critères d'agréege

Les autres critères établis par l'IDF (2018) concernent :

a – Urée

La quantification de l'urée lactée constitue un levier majeur pour apprécier la valorisation de l'azote ingéré. Cette efficacité azotée représente l'aptitude du bovin à transformer l'azote de la ration en protéines de lait, ou plus largement, la capacité du régime à fournir des nutriments équilibrés pour maximiser la synthèse protéique. Dans le lait de vache, la concentration uréique moyenne oscille généralement entre 200 et 300 mg/l.

L'interprétation de l'efficacité azotée selon le taux d'urée s'établit ainsi :

1- 200 à 350 mg/l : Alimentation équilibrée.

2- < 200 mg/l : Carence en PDI ou insuffisance d'Azote Soluble. Baisse de production, ration sous-valorisée. Contrôler l'ingestion et ajuster l'apport azoté.

3- > 350 mg/l : Surplus global en PDI ou carence énergétique. Excès d'azote soluble. Gaspillage azoté, risques sanitaires si le taux est élevé. Réajuster la ration.

b - Inhibiteurs dans le lait

La détection des substances inhibitrices dans le lait est cruciale pour assurer la sûreté des produits transformés et la conformité sanitaire, les antibiotiques représentant la cause majeure de ces contaminations. Le dépistage microbiologique, reconnu comme méthode de référence, conditionne la valorisation financière du produit et représente l'unique procédure habilitée à sanctionner les producteurs. Parallèlement, divers tests microbiologiques alternatifs sont employés par les laboratoires et les éleveurs en autocontrôle. Pour le criblage rapide, notamment en réception laitière, des méthodes immunologiques ou enzymatiques sont fréquemment adoptées en première ligne. Depuis 2008, l'industrie laitière a intensifié son dispositif de surveillance : chaque camion-citerne subit un test rapide avant le dépotage. Si une positivité est détectée, une analyse officielle est réalisée sur les tanks de ferme contributifs afin d'identifier le responsable de la pollution.

La législation proscrie toute présence d'agents inhibiteurs (antiseptiques, sulfamides, antibiotiques) en raison des risques pour la santé humaine (OMS, 2020). Les tests microbiologiques de dépistage (MCS) garantissent que les taux d'antibiotiques n'excèdent pas les limites maximales de résidus (LMR) autorisées (Delvotest T ampoules Manual, 2016).

Principe de la méthode :

Les deux tests sont basés sur l'inhibition de la croissance de la bactérie « *Bacillus Stearothermophilus* variété *calidolactis* » par la présence d'inhibiteurs dans le lait.

L'essai consiste à déposer un volume déterminé d'échantillon de lait dans chaque puit d'une microplaque.

— Si le micro-organisme se développe : l'indicateur change de couleur et passe du bleu violet au jaune. Cela se traduit par une absence d'inhibiteur : Résultat négatif

— Si le micro-organisme ne se développe pas : l'indicateur ne change pas de couleur et reste au bleu violet. Cela se traduit par une présence d'inhibiteur : Résultat positif

Les échantillons trouvés positifs sont confirmés par des tests d'inhibition sur gélose.

Les antibiotiques éventuellement contenus dans le lait à analyser diffusent dans la gélose ensemencée par un microorganisme. Le résultat va être déclaré positif en fonction de la croissance de la zone d'inhibition.

c - Cellules somatiques

La numération des cellules somatiques (NCS) constitue un marqueur essentiel de la qualité sanitaire et aptitudes technologiques du lait. Un dénombrement élevé indique une probabilité accrue d'infection de la glande mammaire. Cet indice est exploité par les producteurs afin de repérer les individus vulnérables du troupeau, et par les industries laitières pour classer le produit collecté. Les cellules somatiques proviennent du détachement d'éléments épithéliaux de la muqueuse durant la traite, ou de cellules immunitaires. Ces dernières, agents de défense, sont mobilisées pour combattre les bactéries causant une inflammation mammaire, ou mammite. Lorsque les signes cliniques (rougeur, gonflement, lait grumeleux) sont absents, on parle de mammite subclinique. Les normes mondiales (**IDF, 2018**) limitent le lait de vache à 400 000 cellules/ml (moyenne géométrique mensuelle).

d - Test de lactofermentation

La fermentation lactique ou lactofermentation repose sur la déstabilisation protéique du lait par acidification, et ce diagnostic évalue l'évolution de la biocoenose laitière suivant des paramètres spécifiques (couple temps/température) en scrutant, via la morphologie du gel, l'impact du développement simultané des diverses flores (synergie, compétition) en l'absence d'additifs de transformation fromagère (présure, ferments, ...). Il offre la possibilité de formuler des conjectures concernant la prédominance des flores de dégradation et le niveau de contamination microbienne totale, tout en évaluant la capacité du lait à s'acidifier (**Kazeminia et al., 2023**).

3. Aptitude du lait à la transformation

La qualité des laits représente une notion complexe parce qu'elle possède plusieurs dimensions telles que la qualité biochimique et microbiologique. L'aptitude du lait à la transformation se décline différemment selon l'interlocuteur (producteur, transformateur et

consommateur). La valeur d'un lait peut être jugée par son efficacité à la transformation en produits dérivés. Cette aptitude se résume en 02 activités biochimiques, la fermentation lactique et la coagulation du lait qui dépendent de son pH initial, de sa matière sèche totale, de sa flore lactique d'intérêt puis de sa teneur en calcium colloïdal et en caséine qui jouent un rôle primordial dans la mise en place du caillé lactique typique aux laits fermentés ou à une diversité fromagère.

La fabrication de denrées laitières, comme les fromages, yaourts ou beurres, se définit par son efficacité de conversion (rendement) et la valeur intrinsèque des produits finis (aptitude technologique). La composition de la matière première laitière conditionne directement le volume et la qualité des marchandises élaborées. En effet, la concentration en constituants fonctionnels dicte les propriétés de transformation. Puisque la ration, la génétique et la conduite du cheptel modulent la composition du lait, ces facteurs impactent aussi l'aptitude à la transformation. Cette incidence est supérieure en transformation fermière comparée à l'industrie, car le lait provient d'un troupeau unique, sans standardisation préalable.

L'incorporation de laits aux propriétés technologiques déficientes avec des laits de haute qualité au sein du tank « contamine » le lot, compromettant rendement et qualité des fabrications. Le tri sélectif à la réception et l'orientation des laits basés sur leur composition analytique permettront de limiter ces incidents technologiques (**Jeantet et al., 2011**).

4. Fromageabilité du lait

La fromageabilité définit la capacité du lait à être transformé en fromage. Elle repose sur l'action combinée d'agents coagulants et de ferments lactiques, visant à optimiser la rétention des composants du lait cru dans le caillé tout en limitant les pertes lors de l'égouttage, garantissant ainsi la qualité sensorielle du produit fini. Cette aptitude varie selon les spécificités technologiques de chaque fromage.

D'après les travaux de **Dahou et al. (2021)**, une aptitude fromagère optimale se caractérise par trois éléments clés :

La cinétique de coagulation du lait.

La rapidité de prise et la fermeté du gel obtenu.

L'impact sur la texture finale du fromage.

Ces critères de qualité dépendent fortement de la composition physico-chimique du lait :

Le taux butyreux : Crucial pour la flaveur et la texture, un niveau minimal est requis, notamment pour les fromages à 45 % de matière grasse, car la lipolyse lors de l'affinage façonne le profil aromatique.

Le taux de caséine (au sein du TP) : Il s'agit du facteur déterminant du rendement fromager. Une concentration accrue en caséine favorise une coagulation rapide et un gel plus ferme, emprisonnant davantage de matière grasse et de minéraux.

Par ailleurs, la qualité de la caséine est intimement liée au taux de cellules somatiques. Comme le soulignent **Soberon et Van Amburgh (2017)**, une réaction inflammatoire de la mamelle (infection) déclenche une protéolyse, dégradant les caséines et altérant fortement l'aptitude du lait à la coagulation.

Alais et Linden (2004), citent trois types de caséine fromageables :

1. Alpha S1-caséine (α S1-caséine) : non favorable à la fermeté du gel mais ramollit la pâte lors de l'affinage.
2. Beta-caséine (β -caséine) : favorable à la fermeté du gel
3. Kappa-caséine (κ -caséine) : favorable à la coagulation et au gel.

Trois grands critères permettent d'apprécier la fromageabilité des laits : l'aptitude à la coagulation, le rendement fromager et le rapport TB/TP.

* L'aptitude à la coagulation enzymatique et l'aptitude à l'acidification. La première caractéristique qu'un lait doit posséder pour en faire un fromage, est une bonne aptitude à la coagulation enzymatique. La coagulation doit être suffisamment rapide, sinon on obtiendra un gel mou, qui s'égoutte difficilement et aura des difficultés à s'affiner par la suite (**Eck et Gillis, 2006**). L'aptitude à la coagulation est influencée par le pH du lait, ainsi que la concentration de caséines et de calcium qu'il contient. La présence de calcium a un effet positif sur le temps de coagulation et la fermeté du gel, le temps de prise diminue et la fermeté augmente (**Montel et al., 2012 ; Vignola, 2010**). L'incidence du pH originel du lait et du comportement après emprésurage a été mise en évidence, car un pH à 6,7 ou 6 induit un raffermissement plus rapide et une plus grande fermeté du gel qu'un pH originel plus élevé. Une baisse du pH favorise la coagulation, l'action de la présure sur la caséine κ est maximale à pH 5,5, la stabilité des micelles de caséine décroît avec la diminution du pH.

L'aptitude à l'acidification lactique consiste en un relevé du pH du lait après l'ensemencement, ainsi qu'un calcul de la vitesse moyenne d'acidification (**Laithier, 2012 et Lamontagne et al., 2010**).

* Le rendement fromager est analysé selon la méthode de **Jeantet et al. (2017)** correspond au poids de fromage obtenu à partir d'une quantité de lait donnée. Le gel emprésuré prétranché est centrifugé et le caillé est ensuite séparé du lactosérum. Le rendement fromager peut s'exprimer sous deux formes :

- Rendement fromager (%) = Poids du caillé/ Poids du lait x 100

- Rendement en Matière Sèche MS (g/kg) = Poids du lait (g)/Poids du caillé (g)x(TB+TP) (g/kg)

* Le rapport TB/TP (taux butyreux / taux protéique) en deçà des valeurs recommandées pour la

transformation fromagère. Si le rapport TB/TP ne doit pas dépasser la valeur de 1,20 sous peine de freiner l'égouttage et d'entraîner des défauts d'affinage, un rapport TB/TP de 1,15 est considéré comme optimale pour la fabrication.

2^{ème} PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE

Chapitre I : Présentation de la région d'étude et méthodologie

1. Cadre et objectifs de l'étude

L'élevage laitier constitue un pilier majeur des politiques agricoles, justifié par ses enjeux socio-économiques cruciaux. La croissance du secteur ces dernières années résulte d'une expansion du cheptel alliée à l'adoption de souches performantes, telle la race Holstein, qui domine avec plus de 48 % de l'effectif bovin à Mostaganem et génère 65 % du volume régional. Néanmoins, les rendements réels restent largement inférieurs aux capacités génétiques, surtout à cause d'une gestion nutritionnelle inadaptée et de difficultés d'approvisionnement fourrager. Par conséquent, afin d'optimiser le potentiel de cette race et de garantir la pérennité de l'élevage, il est impératif d'optimiser la gestion alimentaire en étudiant la composition, la régularité, la répartition annuelle et la valeur nutritive des rations.

Le présent travail a pour objectif de caractériser les principaux systèmes adoptés dans les exploitations de la wilaya de Mostaganem et d'analyser leur impact sur les paramètres de production dans 04 zones reconnues comme des sous-bassins laitiers de la wilaya.

Le projet s'est proposé de caractériser la conduite alimentaire au niveau des élevages laitiers de la wilaya de Mostaganem qualifiée de bassin laitier et représentative de la problématique nationale située dans la zone II selon le découpage instauré par l'ONIL. Notre travail porte sur l'étude des systèmes d'affouragement des vaches laitières pratiqués dans les exploitations au niveau de la région et l'évaluation de leurs potentialités et de leurs insuffisances.

La problématique définie dans la thématique est inhérente à la conduite alimentaire au niveau ces élevages et son influence sur l'état sanitaire et corporel des cheptels et la production, la qualité des laits et aptitude à la transformation.

En vue de répondre à cette problématique, des exploitations laitières sélectionnées à élevage potentiel ont été suivies et évaluées selon une méthodologie adaptée qui appréhende les axes suivants :

- Identification des systèmes d'élevage et catégorisation des exploitations
- Caractérisation des exploitations laitières : système de production et planning alimentaire
- Etude de l'alimentation
- Évaluation des indicateurs zootechniques et physiologiques (efficacité alimentaire, état corporel des animaux, bien être animal)

- Évaluation des performances de production (indicateurs de production moyenne, de persistance et de rendement par lactation)
- Suivi de la qualité des laits (qualité microbiologique et physico-chimiques)
- Détection de substances indésirables dans le lait : résidus d'antibiotiques, micro-organismes indésirables, cellules somatiques)
- Étude statistique pour évaluer la signification des résultats.

2. Potentialités de la région d'étude

L'étude a concerné vingt et une exploitations laitières, représentant le système d'élevage intensif dans la wilaya de Mostaganem. Ces exploitations ont été choisies sur la base de la stabilité de l'activité de la production laitière et de la disponibilité des données relatives au fonctionnement des bâtiments d'élevage du bovin laitier au cours de deux campagnes d'élevage et de production successives allant du mois de mars 2022 au mois de mars 2024.

2.1- Situation géographique

La wilaya de Mostaganem est située au nord de l'Algérie. Elle s'étend sur une superficie de 2269 Km² et est distante de 365 Km de la capitale Alger et de 80 Km la ville d'Oran. Elle compte 10 daïras et 32 communes.

2.2- Limites géographiques :

La wilaya de Mostaganem est limitée :

- Au nord, par la mer Méditerranée ;
- A l'est, par la wilaya de Chlef ;
- Au sud-est, par la wilaya de Relizane ;
- A l'ouest, par la wilaya d'Oran ;
- Au sud-ouest, par la wilaya de Mascara.

2.3- Population de la wilaya :

La Wilaya de Mostaganem compte à fin 2021 une population de 948 217 Habitants avec une densité de 418 Hab/Km².

2.4- Caractéristiques naturelles et conditions climatiques (Source : D.E, 2023)

2.4.1- Caractéristiques naturelles

Les limites de la wilaya de Mostaganem sont inscrites entièrement dans le littoral oranais.

Le relief de la Wilaya de Mostaganem s'individualise en 04 unités morphologiques appartenant à deux (02) régions distinctes : le Plateau et le Dahra :

Vallée basse ouest : Hassi mamèche, Mazagran, Stidia, Ain Nouissy, El Hassiane, Fornaka

Vallée est : Sidi Lakhdar, Ben Abdelmalek Ramdane, Hadjadj, Achaacha, Khadra, Ouled Boughalem

Plateau de Mostaganem : Mostaganem, Kheir Eddine, Sayada, Ain Tedeles, Sour, Bouguirat, Souaflias, Sirat, Mesra, Ain Sidi CHERif, Touahria, Mansourah

Mont Dahra : Oued El Kheir, Sidi Belatar, Saf Saf, Ain Boudinar, Nekmaria, Sidi Ali, Tazgait, Ouled Maalah

La topographie de la région de Mostaganem est caractérisée comme suit :

- * Montagnes : 12%.
- * Collines et piémonts : 21%.
- * Plaines et plateau : 60%.
- * Autres : 7%

La carte de la wilaya de Mostaganem (figure 11) situe les 04 unités morphologiques du relief : le Mont du Dahra, le Plateau, la Vallée de l'Est, la Vallée de l'Ouest et les plaines des Bordjias où se trouvent la majorité des exploitations laitières.

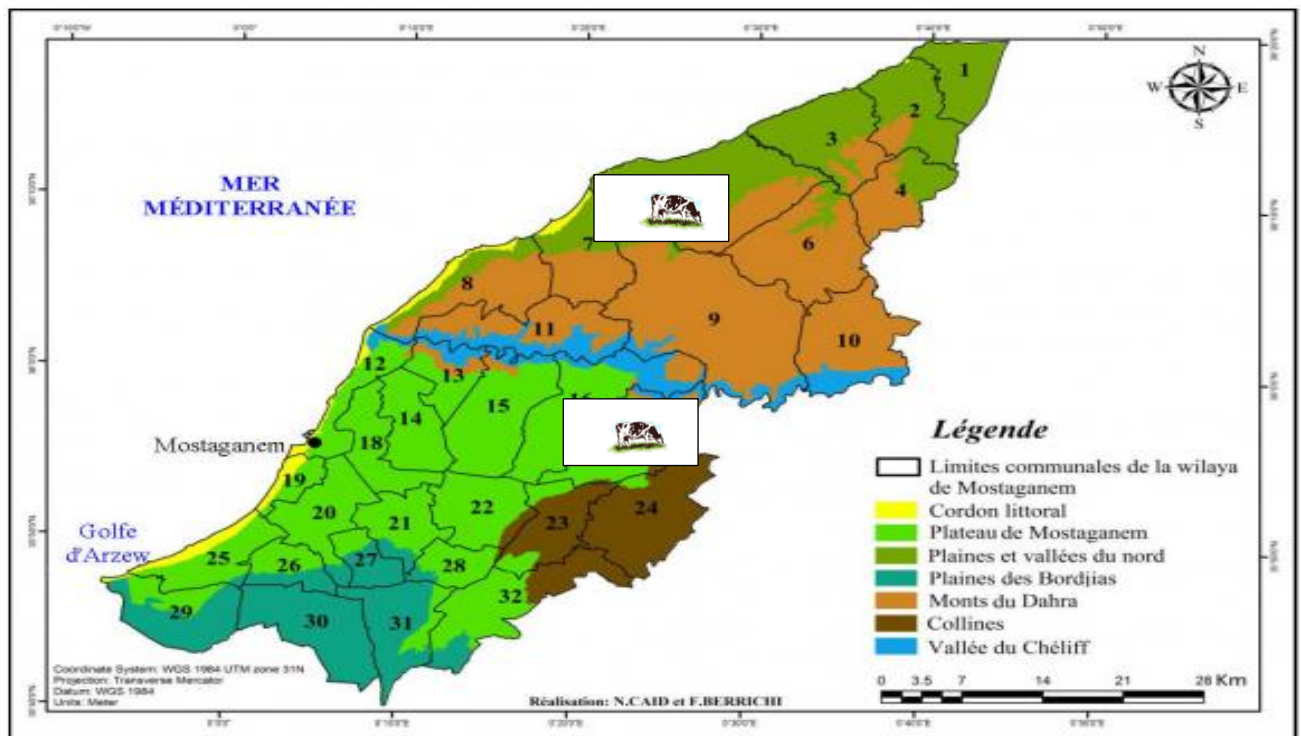


Figure 11 : Situation géographique des exploitations agricoles (Caid *et al.*, 2019).

Echelle : 1/200000

2.4.2- Conditions climatiques

2.4.2.1- Climat

Le climat de la wilaya de Mostaganem est un climat semi-aride à hiver tempéré. La pluviométrie varie entre 350 et 500 mm/Année. Le climat de Mostaganem se caractérise par une température douce, la faiblesse des écarts thermiques et l’alternance quasi quotidienne des brises de mer et de terre. La température moyenne est de 17.9 °C

2.4.2.2- Précipitations

Le régime pluviométrique présente une grande variabilité d’une année à l’autre et durant la même année. Ces précipitations sont irrégulières et sont concentré entre Novembre et Avril.

La pluviométrie moyenne pour les années 2021-2023 est de 392 mm (Données de la station météorologique de la wilaya, 2023). Les 02 mois les plus pluvieux sont février et mars alors que les plus secs sont le mois de Juillet et Août (figure 12).

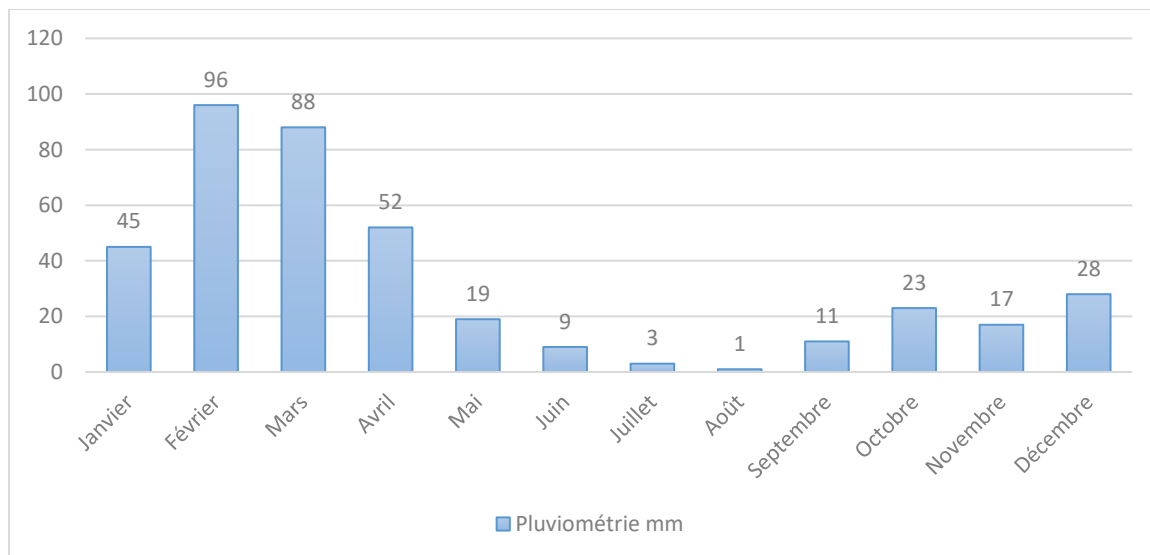


Figure 12 : Pluviométrie moyenne mensuelle de la wilaya de Mostaganem (mm) 2021-2023(SMM Mostaganem, 2023).

2.4.2.3- Température

Les températures connaissent aussi de très grandes variations saisonnières. La température moyenne mensuelle varie de 12°C à plus de 38°C du mois de Janvier au mois d’Août (Station météorologique de la wilaya, 2023). L’examen des températures moyennes mensuelles dans la wilaya de Mostaganem de 2021 à 2023, montre que les mois de janvier et février sont les plus froid (12° à 13°C), alors que le mois d’Août est le plus chaud (38°C). (Figure 13).

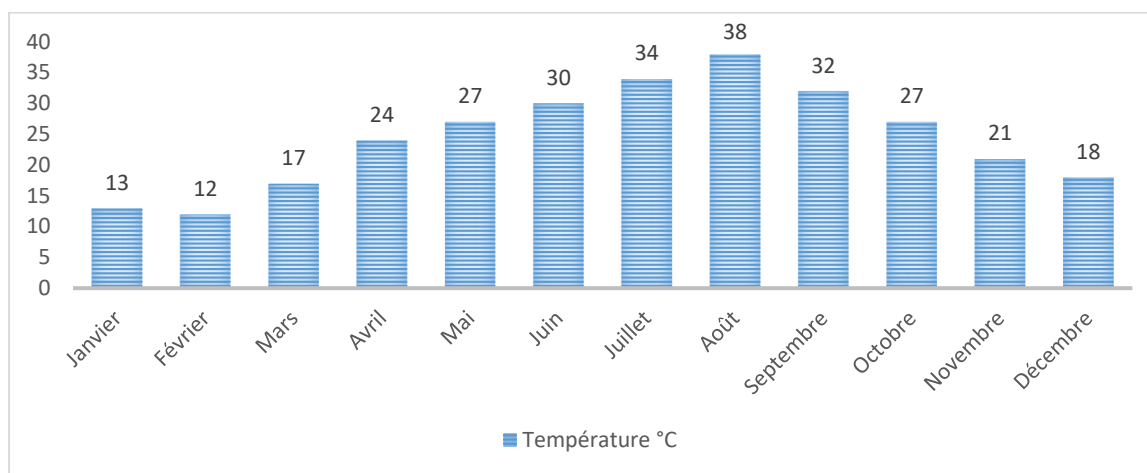


Figure 13 : Température mensuelle moyenne de la wilaya de Mostaganem (°C) 2021-2023(SMM Mostaganem, 2023).

2.4.2.4- Vent

Les vents sont prépondérants durant la période hivernale et sont surtout de Nord-ouest, alors qu'en été les vents sont variables avec une manifestation du sirocco. Les vitesses les plus importantes sont constatées durant une période qui s'étale du mois de février au mois d'avril avec 1.83 m/s (Figure 14).

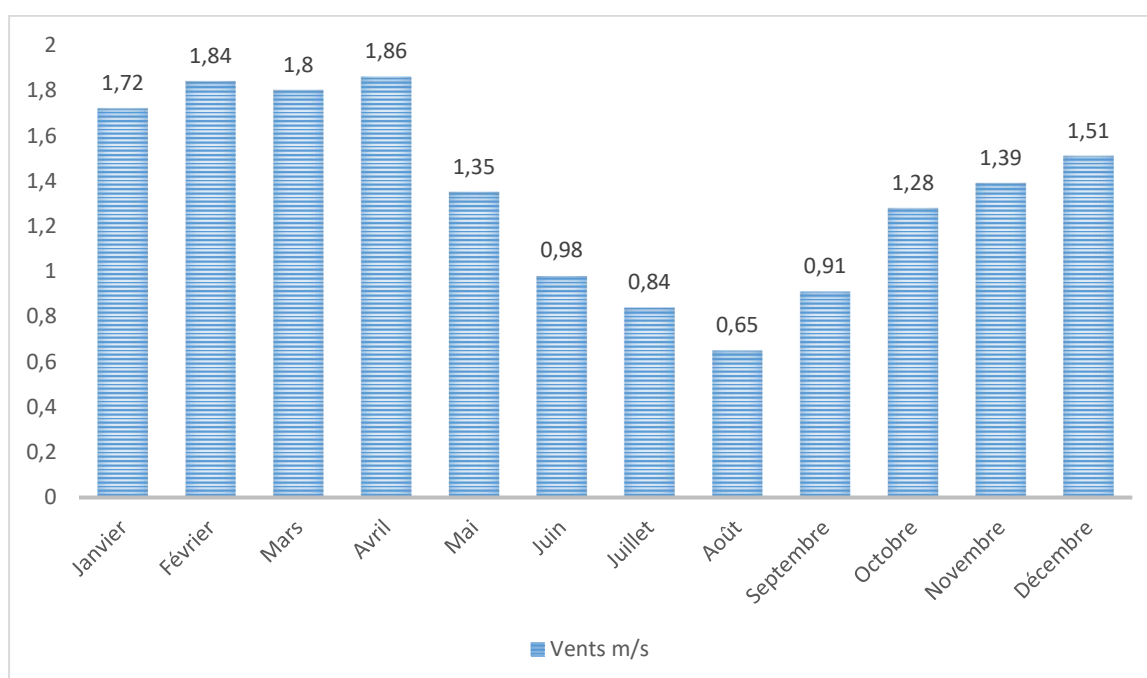


Figure 14 : Vitesse du vent (m/s) de la wilaya de Mostaganem pour la période de 2021-2023(SMM, 2023).

2.4.2.5- Gelées

La fréquence des gelées est sur un intervalle de quatre mois. Les gelées débutent le mois de novembre et s'allongent jusqu'au mois de février. Certaines gelées tardives sont constatées, durant les mois de mars et d'avril, peuvent causer des dégâts importants sur la productivité des arbres fruitiers, de la vigne et des cultures céréalières, fourragères et maraîchères. Elles causent des

problèmes de mortalité des plantes et des avortements.

2.5 Type des sols des zones agricoles du plateau Mostaganemois

Ces sols, sombres à grisâtres, présentent une forte teneur en humus et occupent les dépressions du plateau Mostaganémois. Leur texture est majoritairement sableuse, intégrant parfois des dépôts éoliens formés principalement de particules quartzeuses ainsi que de limon.

2.6-Ressources hydriques

L'irrigation des terres agricoles de la wilaya de Mostaganem est assurée par différentes ressources en eau : forages, puits, pompage au fil de l'oued, barrages, sources et retenues collinaires dont le nombre et la capacité d'irrigation sont reportés dans le tableau 10. La superficie irriguée de la wilaya est de l'ordre de 44051 hectares.

Le système d'irrigation est réalisé comme suit :

- Une irrigation en goutte à goutte pour une superficie de 20780 Ha
- Une irrigation par aspersion pour une superficie de 14196 Ha
- Une irrigation gravitaire pour une superficie de 9075 Ha.

Tableau 10 : Potentialités hydrauliques de la wilaya de Mostaganem (DSA, 2023)

Ressources hydriques	Nombre	Surface d'irrigation (Ha)
Forage	800	38390
Puits	10370	526
Barrages	03	4845
Source	15	65
Retenues collinaires	3	225

2.7 Agriculture et élevage de la région d'étude

2.7.1- Potentialités agricoles :

Selon les informations de la DSA de Mostaganem, 2023

2.7.2- Surfaces agricoles utile et totale :

Reconnue pour son fort potentiel agronomique, la région de Mostaganem possède une surface agricole utile atteignant 132 268 Ha, représentant 58,29% du territoire wilayal (226914 Ha). La faiblesse des précipitations a contraint au développement de l'irrigation, dépendant fortement de la nappe phréatique qui subit un abaissement piézométrique très sévère.

Ce contexte de surexploitation altère la qualité des nappes, mettant en péril la pérennité de l'arboriculture et du maraîchage. Face à cela, l'État multiplie les puits et déploie la réutilisation d'eaux usées (REUT) pour fiabiliser l'irrigation. Bref, l'essor agricole à Mostaganem s'appuie sur une gestion précaire des ressources, consolidée par des infrastructures modernes.

2.7.3- Exploitations agricoles individuelles (EAI) et exploitations agricoles collectives (EAC) :

La wilaya dispose de 1269 exploitations agricoles collectives (représente 46% de la SAU en patrimoine d'état) avec une superficie globale de 70830 Ha et 2514 exploitations agricoles individuelles (représente 54% de la SAU en terres Melk) avec une superficie globale de 61438 Ha.

2.7.4- Productions agricoles

2.7.4.1- Productions végétales

La wilaya de Mostaganem est renommée comme étant une région à arboriculture. En effet, elle est la spéculation la plus pratiquée. En parallèle, les cultures maraîchères, les cultures céréalières, fourragères et la viticulture y trouvent leur place (Tableau 11).

L'occupation des sols agricoles est à 10,95% en céréaliculture (24852 Ha), 10,80% en cultures fourragères (24498 Ha), 12,53% en cultures maraîchères (28513 Ha), 14,81% en arboriculture (33594 Ha) et 4,51% en viticulture (10233 Ha) (DSA, 2023).

Tableau 11 : Productions végétales de la wilaya de Mostaganem (DSA, 2023)

Type de culture	Superficie (Ha)	% SAU Totale Wilaya	Production (Qx)
Arboriculture	33594	14.81	541 345
Cultures maraîchères	28513	12.57	8 440 650
Cultures céréalières	24852	10.95	410 810
Cultures fourragères	24498	10.80	750 625
Viticulture	10233	4.51	108 121

2.7.4.2 Productions animales

La dynamique agricole locale, marquée par l'expansion des cultures céréalières et fourragères, soutient une activité d'élevage diversifiée. Le cheptel ovin domine largement la région avec un effectif de 98 402 têtes, suivi par l'élevage caprin (13 666 têtes). Concernant la filière bovine, les données issues de la campagne nationale de vaccination font état de 12 336 têtes, dont un noyau de 5 574 vaches laitières (Tableau 12). La structure génétique de ce cheptel laitier est caractérisée par une diversité allant du Bovin Laitier Moderne (BLM) au Bovin Laitier Local (BLL), en passant par le Bovin Laitier Amélioré (BLA) (Tableau 13).

On observe une association fréquente entre l'élevage ovin et caprin chez la majorité des exploitants. Il est à souligner que cette production est principalement l'apanage des unités privées. Par ailleurs, ces mêmes structures privées développent d'autres filières de production. Selon la Direction des Services Agricoles (DSA, 2023), l'aviculture est dynamique avec 3 810 000 poulets de chair produits

et 1 266 800 poules pondeuses en place. Enfin, l'apiculture est également représentée par 37 900 ruches, générant une production de 116 700 kg de miel (**DSA, 2023**).

Tableau 12 : Effectifs des principaux élevages de la wilaya de Mostaganem (DSA, 2023)

Espèces animales	Effectifs
Ovin (Têtes)	98402
Caprin (Têtes)	13666
Bovin (Têtes)	12336
Apiculture (ruches)	37900
Poulet de Ponte (Unités)	1 266 800
Poulet de Chair (Unités)	3 810 000

La production annuelle de la wilaya en lait est estimée en 2023 à 14 973 000 Litres (**DSA, 2023**).

En se référant au tableau 13, le cheptel bovin laitier de la wilaya de Mostaganem est principalement concentré dans les zones des monts de la Dahra et des Bordjias. Ces zones offrent des conditions propices à l'élevage laitier, notamment en termes de pâturages et de disponibilité de fourrages. La wilaya de Mostaganem compte un cheptel bovin laitier significatif, avec plus de 5 794 vaches laitières. Selon les données de la **DSA (2023)**, les régions des Bordjias et des Monts de la Dahra sont identifiées comme un pôle potentiel de développement de la filière laitière dans le cadre du "Bassin laitier" de la wilaya.

Les régions des « Monts de la Dahra » (commune de Sidi-Ali, d'Ouled Maalah, de Sidi-Belattar, et de Tazgait) et des « Bordjias » (Fornaka, El Hassiane, Ain Nouissy et Hassi-Mamèche) sont des zones clés pour l'élevage bovin laitier à Mostaganem.

Le potentiel productif laitier de la wilaya de Mostaganem en 2023 est composé de 5794 vaches laitières :

- Bovin laitier moderne BLM : 3451 vaches

Le BLM est constitué par des races à haut potentiel de production. Importées essentiellement d'Europe (Prim Holstein, Frisonne Française, Montbéliarde et la Simmental)

- Bovin laitier local et amélioré BLL et BLA : 2343 vaches

Le BLA est issu soit de croisements non contrôlés entre la race locale et les races importées ou entre les races importées elles-mêmes.

Le nombre d'éleveurs est de 271 éleveurs agréés, adhérant au programme de développement de la filière laitière.

Tableau 13 : Répartition du cheptel bovin exploité à Mostaganem (DSA, 2023)

Espèces bovines									
Communes	Vaches laitières		Total vaches	Génisses	Taureaux reproducteurs	Taurillon 12 à 18 mois	Veaux 12mois	Vêles 12mois	Total
	BLM	BLA+ BLL							
Fornaka (2)	503	501	1004	335	55	62	45	35	1536
Sidi Ali (3)	300	144	444	231	123	100	55	56	1009
Kheir Eddine (1)	330	102	432	118	44	42	20	20	676
El Hassiane (2)	200	110	310	47	201	60	16	7	641
Sour (5)	151	202	353	96	103	29	15	10	606
Achaacha (4)	152	98	250	78	220	10	16	4	578
Hassi-Mamèche (2)	133	48	181	135	15	120	50	37	538
Mansourah (1)	136	100	236	107	41	32	22	13	451
Sidi Lakhdar (4)	96	24	119	152	102	21	12	8	414
Sayada (1)	100	79	179	87	82	23	20	20	411
Mesra (1)	119	80	199	95	42	27	21	16	400
Tazgait (3)	0	86	86	146	114	20	9	2	377
Ain Nouissy (2)	118	71	189	61	38	40	20	10	358
Sirat (1)	120	31	151	73	40	28	18	16	326
Ouled Maalah (3)	80	66	146	61	87	12	5	6	317
Khadra (4)	54	63	117	82	63	10	11	7	290
Sidi Belattar (3)	82	48	130	54	37	20	13	10	264
Touahria (1)	92	75	167	19	6	26	18	22	258
Bouguirat (1)	70	25	95	75	46	18	6	4	244
Saf Saf (5)	74	47	121	41	44	10	7	6	229
Hadjaj (4)	70	52	122	23	14	31	15	15	220
Stidia (1)	73	43	116	40	8	23	17	13	217
Ain Tedles (1)	66	38	104	5	50	9	4	8	180
Ain Sidi Cherif (1)	55	25	80	58	19	8	7	5	177
Ouled Boughalem (4)	40	37	77	31	45	10	4	4	171
Souaffia (1)	53	29	82	28	46	4	2	1	163
Oued El Kheir (5)	39	28	67	45	35	7	4	3	161
Mazaghran (1)	38	23	61	12	7	18	6	5	109
Abdelmalek Ramdane (4)	50	34	84	2	11	0	1	0	98
Ain Boudinar (1)	42	11	53	18	16	2	1	1	91
Nekmaria (4)	9	16	25	15	11	0	1	0	52
Mostaganem (1)	7	7	14	0	4	0	0	0	18
Total wilaya	3451	2343	5794	2370	1769	822	461	364	11580

Légende : BLM : Bovin Laitier Moderne ; BLA : Bovin Laitier Amélioré ; BLL : Bovin Laitier Local

(1) : Plateau de Mostaganem, (2) : Plaines de Bordjias, (3) : Monts du Dahra, (4) : Plaines du nord, (5) : Collines

3. Méthodologie d'enquête

3.1- Techniques d'enquête

3.1.1- Critères de choix de la zone d'étude

Afin de réaliser cette étude, notre choix est porté sur les exploitations à potentiel d'élevage bovin laitier (tableau 14) et indiquées sur la figure 11. Ce choix a été motivé par la dominance de ces élevages à une production laitière destinée à la transformation laitière. Ces zones d'étude disposent

d'un bon potentiel laitier (cheptel, fourrage, herbage). Elles détiennent 35,85% de l'effectif total des vaches de la région et participe à 30,6% de la production laitière totale de la wilaya. Les prairies représentent une part importante de la SAU de la wilaya de Mostaganem, soit près de 62% des prairies, ce qui représente une importante source d'alimentation des bovins laitiers. De plus, elles détiennent une variété de systèmes renfermant différentes pratiques alimentaires représentatifs d'une bonne diversité sur le plan régional en matière d'affouragement.

Nous avons commencé notre travail par des enquêtes dans plusieurs exploitations de la région afin de déterminer un échantillon de fermes à la fois représentatif de la wilaya mais aussi ayant un niveau de gestion permettant un bon suivi à la réalisation de notre étude.

Le choix des exploitations laitières a été établi sur la base d'informations techniques obtenues de la DSA (service production animale) de Mostaganem :

- Sur la représentativité des systèmes d'élevage du bovin laitier existant sur la zone d'étude.
- De l'acceptation par les éleveurs des contraintes de suivi de l'enquête, sous la condition de l'élevage soit déclaré, donc d'un cheptel bovin laitier agréé.
- Le nombre des vaches laitières suivi en production a été établi en 03 catégories, catégorie 1 : > 20 vaches ; catégorie 2 : > 10 et < à 20 vaches ; catégorie 3 : ≥ 05 et < à 10 vaches.

Notre choix s'est orienté sur vingt et une fermes agréées et potentiellement productrice avec un cheptel bovin de même race (Prim Holstein) en lactation (Annexe 04). Les exploitations retenues sont comme suit par commune productrice de lait et reportée dans le tableau 14.

Tableau 14 : Exploitations retenues sur les 04 unités géographiques (DSA, 2023).

Exploitations retenues	Mont du Dahra	Plateau	Vallée de l'Est (Plaines du Nord)	Vallée de l'Ouest (Plaines de Bordjias)	Total
Nombre Enquête	01	03	04	13	21
Représentation de l'effectif des exploitations (%)	2,3	6,85	1,70	25	35,85
Production laitière mensuelle (%)	1,7	7,3	1,6	20	30,6

Le choix de ces exploitations est fondé sur certains critères comme suit :

- Vocation principale d'élevage de bovins laitiers,
- Coopération et l'acceptation de participer à l'étude en permettant le prélèvement d'échantillons de lait de mélange de l'ensemble des vaches traites et l'observation de l'état général dans l'exploitation, des pratiques de traite et de la conduite,
- Facilité d'accès aux exploitations,
- Taille du cheptel de même race,

- Disponibilité de surfaces agricoles,
- Diversité des conduites alimentaires,

L'étude a porté sur des vaches en lactation de même race (race dominante en moyenne à plus de 99,7% dans la zone d'étude). Le suivi s'est axé sur des vaches de race Prim Holstein ayant vêlées en automne de l'année 2022. La date de vêlage des vaches laitières était entre le 03 septembre 2022 et le 28 septembre 2022. Leur poids vif moyen varie entre 580 et 625 Kgs.

La période moyenne de lactation s'est déroulée sur 291 jours répartie comme suit :

1^{ère} phase : 116 jours du 1er octobre 2022 au 24 janvier 2023.

2^{ème} phase : 105 jours du 24 janvier 2023 au 09 Mai 2023.

3^{ème} phase : 70 jours du 09 Mai 2023 au 18 Juillet 2023.

3.1.2- Déroulement de l'enquête

Cette étude s'est appuyée sur vingt et une exploitations agricoles. Afin de collecter les données définitives concernant les conduites d'élevage et les résultats techniques, un questionnaire a été élaboré et complété durant diverses entrevues. Au niveau temporel, les investigations ainsi que les échantillonnages se sont étalés de juillet 2022 à juillet 2023.

Le questionnaire établi (annexe 01) comprend des questions qui permettent de caractériser les exploitations considérées sur la base de différents aspects relatifs à leur fonctionnement, et servir à leur typologie.

Il porte sur l'étude de plusieurs variables relatives aux pratiques d'élevage des bovins laitiers et comprend trois volets de variables :

- **Les variables de surface fourragère disponible** : La surface fourragère par rapport à la surface agricole utile.
- **Les variables de la conduite alimentaire** : les modes d'alimentation du cheptel ; les quantités et les types de fourrage et de concentré consommés.
- **Les variables pratiques d'élevage** : L'effectif bovin et pratiques d'élevage.

3.1.3- Traitements des données et catégorisation des exploitations

L'analyse des corrélations entre composantes structurelles a été conduite via SPSS (v.23). Pour caractériser les systèmes d'élevage, une Analyse des Correspondances Multiples (ACM), combinée à une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH), a permis de typifier les exploitations selon leurs pratiques alimentaires et leur organisation. L'ACM a regroupé les unités d'enquête suivant leur similarité sur des variables qualitatives (avec XLSTAT, Microsoft Excel 2021-1).

Sur plus de cent variables que contient le questionnaire, 12 variables actives ont fait l'objet d'une analyse des correspondances multiples (ACM) suivie par une classification ascendante hiérarchique

(CAH) à l'aide du logiciel. Les 12 variables actives ont été regroupées en 05 thèmes (Tableau 15).

Tableau 15 : Thèmes abordés et nature des variables utilisées

Thèmes	Nombre de Variable	Type d'information
Ration de base	03	Qualité de la ration de base et du pâturage, part de paille dans la ration
Ration Complémentaire	02	Type et quantité de concentré distribué par jour et par vache
Taille	02	SAU et nombre de vaches laitières
Performance	01	Quantité de lait produite par jour et par vache
Ratios	04	Rapport surface fourragère, pâturage, prairie jachère et chaume par vache

3.2 Pratique de la conduite alimentaire

3.2.1 Rationnement

La conduite alimentaire au niveau des exploitations étudiées dépend de plusieurs critères : la disponibilité de la matière première, le contexte économique, climatique et la qualité de l'aliment utilisé.

Le rationnement se fait selon l'apport de la ration de base, le niveau de production et l'état physiologique des vaches. La ration de base est corrigée suivant les aliments disponibles avec une complémentation attribuée aux vaches en lactation.

L'alimentation des vaches laitières est conduite d'une manière collective pour l'ensemble du troupeau.

Pour les exploitations productrices de fourrage vert, cet aliment est soit distribué directement à l'auge ou ensilé dans des bottes emballées hermétiquement. Les fourrages secs sont bottelés et stockés dans des hangars.

La connaissance des apports journaliers moyens a permis la détermination de la composition chimique par le NIR et l'estimation de la valeur alimentaire par le logiciel ONET Database de Bruker FT NIR.

Le FT NIR est paramétré par son logiciel à déterminer les valeurs alimentaires par type d'aliment composant la ration : Fourrage vert (Green Fodder), Produits céréaliers (Cereal Fodder), Pâturage (Grazed Fodder), Ensilage (Processed and biofermented Fodder), aliment concentré (concentrated feed) et aliment complémentaire (Complementary feed).

3.2.2 Concentrés

Selon l'enquête, certaines exploitations disposent d'un local de formulation des types d'aliments cités sur les tableaux d'alimentation selon la disponibilité des matières premières sur le marché. L'ensemble des exploitations s'approvisionnent de l'aliment complémentaire à 21% MP/MS du fabricant ONAB.

3.2.3 CMV

L'ensemble des élevages audités (catégories 1, 2 et 3) utilise un protocole de supplémentation identique basé sur un Complément Minéral Vitaminé (CMV) liquide. Ce produit est administré tous les 15 jours à une dose comprise entre 60 et 100 ml par litre d'eau de boisson, après avoir été vigoureusement agité.

La composition pour 100 ml de solution se décline comme suit :

Équilibre Minéral : La formule est riche en électrolytes, principalement le Chlore (3,429 g), le Sodium (2,327 g) et le Potassium (1,300 g), complétés par du Phosphore, du Magnésium, du Calcium et du Fer. La stabilité du mélange est assurée par 1,97 % d'émulsifiants.

Profil Vitaminique (Groupe B) : Elle contient une forte concentration de Choline (282,5 mg) et de Niacine (54,8 mg), ainsi que de la Biotine, de la Riboflavine (B2), de la Thiamine (B1), de l'Acide Pantothénique et de l'Acide Folique.

Apport en Acides Aminés : Le complexe fournit dix acides aminés essentiels et non essentiels, les plus représentés étant l'Acide Glutamique (960 mg), la Lysine (768 mg) et la Leucine (649,75 mg).

3.2.4 Abreuvement

Les abreuvoirs automatiques et les abreuvoirs collectifs assurent un abreuvement à volonté. L'abreuvement des animaux des exploitations n'ayant pas de ressources hydriques courantes ou suffisantes et/ou d'équipement utilisent des bassins extérieurs à raison de deux fois par jour. Le volume d'eau bu est mesuré avec un seau de 25 litres présenté pour une vache au niveau de chacune des exploitations de chaque catégorie au tant de fois jusqu'à sa satiété hydrique. Cette opération a lieu deux fois par jour après les repas.

4. Analyses physico-chimiques des aliments et estimation de la MSI

L'analyse des aliments a été établie par le « Near Infra Red », ou « Spectroscopie Proche InfraRouge » qui est une méthode qui permet de prédire rapidement les principaux paramètres chimique d'un aliment. Cet instrument est capable de déterminer la composition physico-chimique des formulations alimentaires dans la zone proche infrarouge (750-2500 nm) en instantané. C'est un instrument de dernière génération de la marque BRUKER FT-NIR SPECTROMETERMPA

II (figure 15) qui est couplé à un logiciel comprenant des traitements mathématiques puissants. Ils peuvent décrypter les informations spectrales afin de déterminer d'une part les différents nutriments : Matières sèches, Matières organiques, Protéines brutes, cellulose brute, matières grasses, fibres (NDF), sucres totaux, PDI, UFL calcium, phosphore et d'autre part, de prédire par le logiciel du FT NIR, les UFL et les PDI de chaque aliment analysé et aussi d'évaluer l'efficacité alimentaire de toute ration apportée.

La détermination de la matière sèche ingérée (MSI) a été réalisée via l'analyse fécale par spectroscopie dans le proche infrarouge. Des échantillons de bouses ont été collectés mensuellement sur 5 vaches par type de système durant les 112 jours du début de lactation. Les spectres d'absorption NIR obtenus ont été comparés à des équations d'étalonnage pour prédire la MSI, rapportée à des bovins de poids vif équivalent. Ces évaluations de l'ingestion ont ensuite permis de calculer la quantité de matière sèche consommée quotidiennement par animal.

Principe

La spectroscopie proche infra rouge mesure l'absorbance d'une matrice (l'aliment pour bétail ou bouse) soumise à un rayonnement électromagnétique. Les longueurs d'onde les plus utilisées pour cette caractérisation sont celles du proche infrarouge « SPIR » (750–2500 nm). Le spectre d'absorption SPIR obtenue sera analysé par un logiciel du NIR donnant le profil des composants chimiques de l'échantillon analysé ou des paramètres de l'efficacité alimentaire recherchés.



Figure 15 : Équipement NIR de marque BRUKER FT-NIR SPECTROMETERMPA II

5. Évaluation des besoins

Une comparaison établie par rapport aux besoins réels des vaches laitières, en UFL, en PDI, en Ca et en P, a été faite comme suit selon INRAE 2021 :

5.1-Pour son entretien

a- Une vache laitière de la catégorie 1 ayant un poids vif moyen de 606 kgs aura besoin de :

Energie : UFL = $1,4 + 0,6 \times 606/100 = 5,04$

Matières azotées : PDI = $100 + 0,5 \times 606 = 403 \text{ g}$

Minéraux : Ca = $6 \text{ g} \times 6,06 = 36,4 \text{ g}$

P = $4,5 \text{ g} \times 6,06 = 27,27 \text{ g}$

b- Une vache laitière de la catégorie 2 ayant un poids vif moyen de 590 kgs aura besoin de :

Energie : UFL = $1,4 + 0,6 \times 590/100 = 4,94$

Matières azotées : PDI = $100 + 0,5 \times 590 = 395 \text{ g}$

Minéraux : Ca = $6 \text{ g} \times 5,90 = 35,4 \text{ g}$

P = $4,5 \text{ g} \times 5,90 = 26,55 \text{ g}$

c- Une vache laitière de la catégorie 3 ayant un poids vif moyen de 584 kgs aura besoin de :

Energie : UFL = $1,4 + 0,6 \times 584/100 = 4,90$

Matières azotées : PDI = $100 + 0,5 \times 584 = 392 \text{ g}$

Minéraux : Ca = $6 \text{ g} \times 5,84 = 35,04 \text{ g}$

P = $4,5 \text{ g} \times 5,84 = 26,28 \text{ g}$

5.2-Pour la production

a - Une vache laitière de la catégorie 1 ayant une production laitière journalière de 21,84 kgs aura besoin de :

Énergie : 8,30 UFL à raison de 0,38 UFL / kg de lait entre 3 et 3,5% MG.

Matières azotées : 917 g de PDI à raison de 42 g/kg de lait entre 3 à 3,5% MG

Minéraux : Ca : 65,52 g à raison de 3 g/kg de lait entre 3 à 3,5% MG.

P : 32,76 g à raison de 1,5 g/kg de lait entre 3 à 3,5% MG.

b- Une vache laitière de la catégorie 2 ayant une production laitière journalière de 18,44 kgs aura besoin de :

Énergie : De 7,00 UFL à raison de 0,38 UFL / kg de lait entre 3 et 3,5% MG.

Matières azotées : 774 g de PDI à raison de 42 g/kg de lait entre 3 à 3,5% MG

Minéraux : Ca : 55,32 g à raison de 3 g/kg de lait entre 3 à 3,5% MG.

P : 27,66 g à raison de 1,5 g/kg de lait entre 3 à 3,5% MG.

- c- Une vache laitière de la catégorie 3 ayant une production laitière journalière de 17,85 kgs aura besoin de :

Energie :

De 6,78 UFL à raison de 0,38 UFL / kg de lait entre 3 et 3,5% MG.

Matières azotées : 749 g de PDI à raison de 42 g/kg de lait entre 3 à 3,5% MG

Minéraux : Ca : 53,55 g à raison de 3 g/kg de lait entre 3 à 3,5% MG.

P : 26,78 g à raison de 1,5 g/kg de lait entre 3 à 3,5% MG.

6. Efficacité alimentaire

L'efficacité alimentaire est déterminée pour l'année 2022-2023 sur la base des quantités de lait produites en kg et des quantités de fourrages et de concentré consommées en kg par vache recueillies dans une base de données sur Microsoft Excel® version 2013 préétablie :

- Le fichier de production laitière renseigne sur les quantités de lait produites, leurs moyennes ainsi que sur les effectifs en production.
- Un calendrier alimentaire de l'année 2022-2023 renseigne sur les différentes rations distribuées aux vaches au cours du mois considéré.

6.1 Valeurs d'encombrement des rations et capacités d'ingestion des animaux

6.1.1 Évaluation des valeurs d'encombrement des rations

Sur la base des plans alimentaires des exploitations de chacune des trois catégories, un archétype (modèle) a été conceptualisée pour déterminer les valeurs d'encombrement des rations pour la commodité de l'étude.

Les valeurs d'encombrement UEL (Unités d'Encombrements Lait) des aliments sont prises à partir des tables **INRAE (2021)** pour chaque aliment distribué. Ces valeurs sont comme suit :

Paille :	1,75 UEL/kg MS	Orge en grain :	1,05 UEL/kg MS
Ensilage de maïs :	1,17 UEL/kg MS	Orge en vert :	0,97 UEL/kg MS
Maïs en grains :	1,30 UEL/kg de MS	Concentré :	0,80 UEL/ kg de MS
Luzerne verte :	1,00 UEL/ kg de MS	Son de blé :	0,90 UEL/kg de MS
Tourteau de soja :	0,95 UEL/kg de MS	Pâturage vert :	1,00 UEL/kg de MS

6.1.2 Détermination de la capacité d'ingestion

L'estimation de la capacité d'ingestion moyenne des animaux a été réalisée en s'appuyant sur les standards de l'**INRAE (2021)**, intégrés pour le paramétrage du logiciel **ONET (FT-NIR)**. La détermination du poids vif, variable clé de ce calcul, a été effectuée par barymétrie selon la

formule de Crevat : $P = k \times T^3$

Où : P représente le poids vif (kg) ; T correspond au tour de poitrine (m) ; k est un coefficient de proportionnalité, fixé en moyenne à **90**, bien qu'ajusté selon l'âge et l'état corporel des individus.

Procédure d'échantillonnage :

Le poids a initialement été mesuré sur un groupe de cinq vaches par catégorie. Afin de garantir l'impartialité des données, une unité expérimentale a été sélectionnée de manière aléatoire au sein de chaque catégorie pour l'analyse finale. Les paramètres morphométriques des vaches retenues sont présentés ci-après :

Catégorie 1 : vache multipare de 4 ans, pesant 606 kg, produisant 21,84 kg de lait par jour, avec une note d'état corporel de 3,24

Catégorie 2 : vache multipare de 4 ans, pesant 590 kg, produisant 18,44 kg de lait par jour, avec une note d'état corporel de 3,08.

Catégorie 3 : vache multipare de 4 ans, pesant 584 kg, produisant 17,85 kg de lait par jour, avec une note d'état corporel de 2,95.

6.1.3 Calcul des valeurs alimentaires des aliments consommés

Une feuille de calcul Microsoft Excel® version 2022 « rationneur Algérie » de l'ITELV, a été utilisée pour déterminer les valeurs alimentaires (% MSI, UFL, PDI, Ca, P) des aliments utilisés. Pour cela, nous introduisons les quantités de matières brutes (kg) afin de les convertir en kg de MSI et en valeurs nutritives (UFL, PDI) comme suit : (selon les formules fournies sur excel version 2022, du rationneur Algérie)

MSI kg = MB (kg) X (% MS) /100.

UFL = (MSI (kg) X équivalent UFL).

PDI= (MSI (kg) X équivalent PDI).

Les besoins de production de lait sont déterminés par l'expression des besoins énergétiques et azotés pour la synthèse d'1kg de lait à 4% MG.

6.1.4 Calcul de l'efficacité alimentaire

6.1.4.1 Méthode de calcul de l'efficacité alimentaire de la matière sèche ingérée

D'après **Hall (2004a)**, la version la plus simple d'efficacité alimentaire est le rapport entre les quantités de lait produites et les quantités de matière sèche ingérée. Il est cependant plus juste de considérer les matières grasses et protéines du lait par kilogramme de matière sèche ingérée ce qui fait ressortir, d'une manière plus correcte, la part de nutriment qui va dans le lait.

Pour calculer l'efficacité alimentaire, nous avons utilisé l'équation suivante :

$$EA = PL / C$$

EA : l'Efficacité Alimentaire ; PL : Quantité de Lait Produite (Kg) ;

C : Consommation de kg de MS

On a calculé l'efficacité alimentaire des exploitations en fourrage (Kg de MSI) et en concentré (Kg de MSI). Ainsi que l'efficacité alimentaire énergétique et azotée.

$$\text{EA énergétique} = \text{UF lait} / \text{UF aliment}$$

6.1.4.2 Méthode de calcul de l'efficacité alimentaire énergétique

Selon **Fischer et al. (2015)**, tenant compte des travaux préalables de **Carjot (2013)** : pour un lait à 3,5% de matière grasse, l'Unité Fourragère Lait (UFL) est déterminée comme étant énergie Nette Lait « ENL » / 1700 kilocalories

$$\text{UFL} = \text{ENL (Mcal/kg)} / 1700$$

$$\text{ENL} = 0,64 \text{ Donc : UFL} = 0,64 / 1700 = 0,00038 \text{ Mcal/kg}$$

$$\text{D'où } 0,00038 \text{ Mcal/kg} = 0,38 \text{ kcal /kg.}$$

6.1.4.3 Méthode de calcul de l'efficacité alimentaire azotée

La mesure de l'efficacité donne une idée sur l'utilisation des protéines alimentaire, elle diminue souvent lorsque le taux d'urée dans le lait augmente. Les vaches peuvent atteindre une efficacité de 0,30 ou mieux (30 % de l'azote alimentaire est convertis en azote dans le lait) (**Hall, 2004a**).

$$\text{Efficacité de l'azote} = \text{Azote du lait (kg)} / \text{Azote de l'aliment (kg)}$$

Avec :

$$\text{Azote du lait (kg)} = (\text{kg de lait} \times (\text{protéines du lait \%} / 100)) / 6,38.$$

$$\text{Azote de l'aliment (kg)} = (\text{MSI (kg)} \times (\text{protéines brutes de la ration \%} / 100)) / 6,25.$$

Les protéines brutes du lait ont un multiplicateur différent ($N \times 6,38$) de celui des protéines brute de l'aliment ($N \times 6,25$), ceci parce que les protéines du lait et celles de l'aliment contiennent des proportions différentes d'azote (15,7 % vs 16,0 %) respectivement (**Osorio et al., 2016**).

$$\text{Protéines brutes du lait} = \text{Azote du lait} \times 6,38.$$

$$\text{Protéines brutes de l'aliment} = \text{Azote de l'aliment} \times 6,25.$$

7. Autonomie alimentaire des exploitations

La méthode de calcul de l'autonomie alimentaire et de la dépendance alimentaire des exploitations laitières est généralement basée sur la proportion d'aliments produits sur l'exploitation par rapport à la consommation totale. Cette approche de calcul a été validée par l'Institut de l'Élevage (**IDELE, 2021**)

La méthode standard se résume aux formules suivantes :

- Autonomie Alimentaire (AA) = $QAPE/QTAC \times 100$
- Dépendance Alimentaire (DA) = $QAAE/QTAC \times 100$

QAPE : Quantité d'aliments produits sur l'exploitation

QTAC : Quantité totale des aliments consommés

QAAE : Quantité d'aliments achetés à l'extérieur

Ces deux indicateurs sont inversement proportionnels et leur cumul est égal à 100.

Sur la base de cette approche, les éleveurs ont été questionnés concernant les données relatives aux achats et aux consommations pour déterminer ces deux paramètres essentiels pour la durabilité des élevages.

8. Indicateurs de l'évaluation alimentaire

Dans cette démarche, l'efficacité alimentaire chez les vaches laitières a été observée selon les trois critères, le temps de rumination, le score de remplissage du rumen et les matières fécales, définis par **Hulsen, 2010 et Zaaijer et Noordhuizen, 2003**.

8.1- Temps de rumination

Le temps de rumination (TR) a été déterminé après la distribution de la ration alimentaire et à partir de la fin de l'alimentation des vaches laitières. Selon **Brocard et al., 2010**, le temps de rumination a été définie comme « la durée nécessaire tenue par le processus de régurgitation de l'ingesta fibreux du rumen vers la bouche, de remastication et de réinsalivation suivi de l'ingestion et du retour du matériel dans le rumen ». Le temps est mesuré deux heures après l'affouragement (par les agents techniques des exploitations). La mesure du temps de rumination a été déterminée par une surveillance au moyen d'une observation visuelle individuelle des vaches laitières en production (05 vaches par exploitation sur 15 jours de production laitière et durant les 03 phases de lactation). Cette méthode directe, définie par **Carraway et al. (2013)**, est une surveillance visuelle fondée sur la détection des mouvements de la mâchoire durant le temps de rumination qui suit le repas des vaches.

Le TR a fait état d'un schéma circadien régulier de base dans la rumination. Ce schéma de rythme circadien dans la rumination, est proposé par **Paudyal et al. (2018)**, avec un temps défini pour les

bovins laitiers entre 8 à 9 heures par jour. Pour éviter toute modification, il a été adopté au niveau de toutes les exploitations, les mêmes paramètres en fréquence et en horaires des repas.

8.2- Score de remplissage du rumen et notation de l'état corporel

8.2.1 Score de remplissage du rumen (SRR)

De la même manière, le SRR est une note s'établissant entre 1 et 5 en observant l'arrière de l'animal, côté gauche. La note de 1 correspond à un flanc très creux tandis que la note de 5 à un rumen rempli. Les Scores de remplissage du rumen ont été définis d'après les travaux réalisés par **Hulsen, 2010 et Zaaijer et Noordhuizen, 2003**.

Les scores 1 et 2 sont attribués à une vache en lactation avec un flanc en triangle très marqué à apparent indiquant une mauvaise ingestion des fourrages et une sous-consommation alimentaire. C'est le signe d'une prise insuffisante de nourriture ou d'un transit alimentaire trop rapide.

Les scores 3 et 4 sont ceux d'une vache en lactation avec un creux du flanc derrière les côtes qui a disparu. Ce score est idéal pour les vaches en lactation avec une prise de nourriture suffisante et un bon transit.

Le score 5 est attribué à une vache en fin de lactation et en période de tarissement ayant un rumen bien rempli avec un flanc en triangle qui disparaît. C'est un score idéal pour les vaches taries.

Les valeurs ont été relevées sur les 03 phases de lactations sur un lot de 05 vaches laitières des 03 catégories d'exploitations étudiées. La notation a été réalisée à la même heure et avec le même observateur (un agent technique de l'exploitation).

8.2.2 Notation de l'état corporel

La notation de l'état corporel NEC (en anglais Body Condition Scoring, BCS) permet d'estimer les réserves énergétiques d'une vache laitière. On l'obtient en observant et en tâtant la couche de gras à certains endroits du corps. La méthode présentée par la **FIBL (2022)** sert à déterminer régulièrement, de façon simple et rapide, l'état nutritionnel de l'animal. Il s'agit d'un bon outil d'aide à la gestion : les erreurs d'alimentation portant sur un individu sont repérées et corrigées à temps. La notation régulière de l'état corporel durant la lactation permet de suivre l'évolution de l'état nutritionnel de l'animal. Il est important de comparer les valeurs BCS aux alentours de la naissance avec celles obtenues après 03 semaines du vêlage, 200, 250 jours et à fin de la lactation. Pour l'étude, le NEC a été établi pour toutes les exploitations durant la période expérimentale.

Selon l'approche de **Nelf et al. 2015**, l'évaluation de la NEC est basée sur l'observation de plusieurs zones, en arrière et latéralement à l'animal. Les zones à observer sont la base de la queue, les fosses caudales (ligament sacro-tubéral et détroit caudal) et la pointe de la fesse (protubérance ischiatique) à l'arrière et les apophyses transverses, les épines vertébrales dorsales, la pointe de la hanche (ilium) ou les côtes latéralement à l'animal.

Les valeurs du SRR et du NEC ont été relevées sur les 03 phases de lactations et sur un lot de 05 vaches laitières des 03 catégories d'exploitations étudiées. La notation a été réalisée à la même heure et avec le même observateur (un opérateur de l'exploitation).

8.3- Matières fécales

Les matières fécales (bouses) contrôlées, témoins à la fois de la digestibilité de la ration mais également du fonctionnement de l'appareil digestif, ont été évaluées par rapport à leur consistance, qui se caractérise par le rapport entre la matière sèche et la quantité d'eau et à leur fibrosité, qui se caractérise par la quantité et la longueur de fibres et de grains présents dans les bouses.

Les matières fécales étant le reflet de la digestion, elles constituent un très bon indicateur de la qualité de la ration. Une note peut aussi être établie de 1 à 5, sur l'échelle décrite par **Hulsen, 2010 et Zaaijer et Noordhuizen, 2003**. Si la note n'est pas acceptable, il faut revoir la ration et y ajouter des aliments plus digestibles. L'observation des matières fécales a été effectuée directement après défécation volontaire de la vache au moment de la retombée au sol. La consistance a été évaluée suivant son aspect, plus ou moins crémeux, sa forme au moment de son arrivée au sol et sa réaction au piétinement. La fibrosité s'est aussi appréciée visuellement et avec les mains, de façon qualitative, en appréciant l'émulsion, la présence de particules alimentaires et son homogénéité (**Vagneur, 2001**).

Score 1 : Matières fécales brillantes, avec une consistance homogène. Aucun élément non digéré n'est visible ou palpable. C'est un score idéal pour les vaches en lactation.

Score 2 : Matières fécales brillantes, avec une consistance homogène. Quelques éléments non digérés sont visibles et palpables. Ce score acceptable pour les vaches tarées et en fin de lactation.

Score 3 : Matières fécales légèrement mates, avec une consistance hétérogène. Des fibres non digérées collent aux doigts. Ce score est acceptable pour des génisses pleines ou des vaches tarées, mais inacceptable pour des vaches en lactation.

Score 4 : Matières fécales mates, avec des éléments non digérés clairement visibles. Il s'agit d'un score inadéquat, nécessitant une révision de la ration.

Score 5 : Matières fécales mates, avec des particules grossières facilement reconnaissables. Ce score est inadéquat, nécessitant une révision de la ration.

8.4- Évaluation du bien-être animal

L'analyse de la qualité de vie des bovins laitiers sert à évaluer leurs milieux de vie. Les indicateurs retenus par l'INRAE (2020) sont structurés en quatre axes principaux :

1. Nutrition Adéquate

Absence de sous-alimentation,

Absence de déshydratation,
Disponibilité des points d'abreuvement,
Hygiène des équipements,
Vitesse d'écoulement de l'eau.

2. **Hébergement Adapté**

Aisance au repos,
Absence de chocs contre les structures,
Qualité de l'air/ventilation,
Propreté corporelle,
Liberté de déplacement,
Effectif de vaches hors logettes,
Disponibilité d'outils de grattage.

3. **Santé Optimale**

Absence de lésions,
Affections cutanées,
Absence de souffrance,
Troubles respiratoires,
Suivi nutritionnel – Aspect du rumen,
Suivi nutritionnel – Consistance des bouses,
Niveau des cellules somatiques,
Troubles de la fertilité,
Taux de perte.

4. **Comportement Naturel**

Interactions sociales,
Comportements anormaux,
Interaction avec les éleveurs.

L'évaluation du bien-être pour chacun des 4 principes énoncée dans le protocole Welfare Quality établi par **WOAH, 2022** a défini une mention par troupeau étudié suivant le score obtenu pour chaque catégorie d'exploitations inspectée (tableau 16)

Tableau 16 : Barème d’appréciation du bien-être des troupeaux étudiés suivant les scores obtenus (WOAH, 2022)

Scores	Appréciations
$100 \geq \text{Score} > 80$	Excellent
$80 \geq \text{Score} > 55$	Bon
$55 \geq \text{Score} > 20$	Acceptable
$20 > \text{Score}$	Faible

9. Paramètres biochimiques sanguins

Selon les travaux de **Hanzen (2010)** recommandés par l’**IDF (2018)**, le contrôle des modifications des paramètres biochimiques du sang chez les vaches laitières pendant la lactation (début et fin de lactation) doit confirmer certains paramètres liés aux métabolismes énergétiques, et protéiques. Ils peuvent être utilisés comme indicateurs biologiques pour évaluer l’état nutritionnel des vaches, surveiller leur statut métabolique et de prédire précocement d’éventuels troubles métaboliques.

C’est dans ce contexte que ces paramètres biochimiques (Cholestérol, Triglycérides, Glycémie, Créatinine, Albumine et Urée) ont été analysés dans notre étude par BIOCHEMICAL ANALYZER ATELLICA SIEMENS HEALTHINEERS.

Les prélèvements sanguins ont été réalisés sur 05 vaches par exploitation, cliniquement saines en début de lactation (60 premiers jours) et en fin de lactation estimée (60 derniers jours) par ponction de la veine caudale le matin avant la prise alimentaire. Le sang a été collecté dans destubes « vacutainer » sous vides. La centrifugation est à 3000 tr/min, pendant 10 minutes. Les plasmas collectés sont conservés à -20°C jusqu’à leurs analyses.

L’analyseur de biochimie multiparamétrique « ATELLICA SIEMENS HEALTHINEERS » permet la détermination de paramètres biochimiques dans le sang en liquide biologique. Il s’agit du dosage :

- de composés simples : l’albumine, le cholestérol, la créatinine, le glucose, les triglycérides, l’urée et les protéines totales.
- de cations : le calcium et le phosphore.
- **Principe de fonctionnement :**

L’automate automatise séquentiellement les phases analytiques suivantes :

- le prélèvement de l’échantillon biologique directement depuis le tube primaire,
- son homogénéisation et sa dilution dans un diluant approprié (solution tampon),
- l’ajout de réactifs spécifiques au mélange, avec précision des volumes et des durées,

- l'incubation du complexe, généralement à 37°C, pour permettre la cinétique réactionnelle,
- la détection du signal : mesure de l'absorbance (spectrophotométrie) ou de la différence de potentiel (méthode électrochimique),
- la conversion de ce signal en concentration par comparaison avec une gamme étalon mémorisée.

Les principes méthodologiques varient selon l'analyte recherché :

- dosages enzymatiques (ex: glucose, cholestérol, triglycérides),
- dosages chimiques colorimétriques (ex: calcium, phosphore, créatinine),
- méthodes immunologiques (ex: albumine, protéines spécifiques),
- méthodes immuno-enzymatiques (ex: urée).

10. Production laitière et performance

Les données liées à la production par exploitation ont été collectées selon les recommandations de l'**IDF (2018)** : des outils de gestion des exploitations portant la traçabilité des opérations laitières, les aspects de gestion du troupeau laitier et les productions laitières.

- Nombre de vaches laitières en production

- Production laitière par exploitation (journalière et par lactation)

- Production laitière journalière et moyenne de persistance MP par lactation : kg/vache/jour (kg/j).

- Rendement laitier par lactation : kg/vache.

- Moyenne de persistance (Mp) : cet indicateur est utilisé pour mesurer la capacité d'une vache à maintenir son rendement laitier sur une période prolongée après le pic de lactation initial. Il est calculé comme suit :

$$M_p = 100/N [(P_1/P_{max}) + (P_2/P_1) + (P_3/P_2) + \dots + (P_n/P_{n-1})]$$
 Avec N : nombre de contrôles, P_{max} : production maximale (pic), P₁ : production au 1er contrôle, P₂ : production au 2ème contrôle, P₃ : production au 3ème contrôle, P_n : production au dernier contrôle, P_{n-1} : production à l'avant-dernier contrôle (**Roumeas et al. 2014**).

Pour les données de la production laitière, nous avons utilisé les moyennes techniques relevées de la production laitière (kg) au niveau des exploitations laitières considérées.

La moyenne technique = quantité de lait produite / nombre de vaches en lactation.

11 Qualité des laits

11.1 Collecte des échantillons du lait et préparation des analyses

L'échantillonnage a porté sur le lait de mélange de vingt et une exploitations laitières, suivi sur trois périodes physiologiques distinctes entre 2022 et 2023 : la haute lactation (du 1er octobre au 20 janvier), la moyenne lactation (du 21 janvier au 5 mai) et la basse lactation (du 6 mai au 14 juillet).

Au total, 126 échantillons ont été collectés. Les prélèvements ont été effectués dans la cuve réfrigérante après homogénéisation, selon deux vacations quotidiennes : le matin (05h00 - 06h00) et l'après-midi (15h30 - 17h00). Afin de garantir l'intégrité des paramètres physico-chimiques et microbiologiques, les échantillons ont été immédiatement placés dans une glacière isotherme régulée pour un acheminement sous chaîne du froid jusqu'au laboratoire.

Les prélèvements ont été scindés en deux unités distinctes : un litre de lait de mélange destiné aux examens physico-chimiques, et 250 ml dédiés aux analyses microbiologiques. Pour garantir l'asepsie et prévenir toute contamination, cette seconde fraction a été recueillie à l'aide d'une louche stérilisée à la flamme (alcool à brûler), avant d'être transférée dans des flacons en verre pré-stérilisés. L'ensemble des manipulations de laboratoire a été effectué dans un délai maximal de 5 heures après la collecte.

11.2- Qualité microbiologique

Les analyses microbiologiques ont nécessité la préparation d'une gamme de dilutions décimales. Pour ce faire, 1 ml de l'échantillon initial (lait de mélange) a été introduit dans 9 ml de sérum physiologique. À partir de cette suspension primaire au 1/10e, une série de dilutions successives a été réalisée selon une progression géométrique allant de 10^{-1} à 10^{-8} .

- **Flores recherchées et conditions de culture**
- **Flore totale**

L'évaluation de la charge microbienne totale a été réalisée sur un milieu au lactate, dont la formulation (pour un litre) comprend : 10 g de tryptone, 5 g d'extrait de levure, 5 g de lactate de sodium et 30 g de NaCl. La solidification est assurée par 15 g de gélose, tandis que l'ajout de 5 g de carbonate de sodium permet de stabiliser le pH face à une éventuelle acidification. Selon **Montel et al. (2012)**, cette composition est optimale pour le dénombrement de la flore totale. L'inoculation a été effectuée par ensemencement en masse (1 ml par boîte), suivie d'une incubation de 72 heures à 37°C, conformément au protocole de **Guiraud (1998)** qui préconise le comptage de l'intégralité des colonies apparues.

- **Dénombrement des coliformes totaux**

L'ensemencement en masse est effectué sur le milieu « la gélose bilié rouge violet lactose » « VRBG ». Le dénombrement s'effectue après 24 heures à 37°C. Les colonies des bactéries coliformes se présentent sous forme de colonies rouge foncé de 0.5 mm de diamètre (**Richard, 2016**).

- **Dénombrement des Coliformes fécaux**

L'ensemencement en masse est effectué sur le milieu VRBG. L'incubation est à 44 °C pendant 24h. La lecture est effectuée en dénombrant les colonies rouges présentant 0.5 mm de diamètre, qualifiées de coliformes fécaux (**Richard, 2016**).

- **Recherche des Clostridium butyriques**

Nous avons introduit 1 ml de chaque échantillon de lait cru dans des tubes à essai stériles. Les tubes sont portés à environ 80°C dans un bain marie pendant 10 minutes. Ils sont ensuite refroidis à l'eau de robinet et additionnée du milieu gélosé RCM. Après solidification de la gélose, les tubes sont incubés en anaérobiose à 37°C durant 72 heures.

Les Clostridium butyriques apparaissent sous forme de colonies noires (**Guiraud, 1998**).

- **Dénombrement des Staphylocoques aureus**

La procédure de dénombrement a été structurée en deux phases distinctes : l'isolement sélectif suivi de la confirmation biochimique, en s'appuyant sur les travaux de **Guiraud (1998)**, **Lamontagne et al. (2010)** et **Kazeminia et al. (2023)**.

Isolement sur milieu sélectif

La recherche de *S. aureus* a été effectuée sur le milieu gélosé de Baird-Parker, rendu sélectif par l'ajout de 12 ml d'émulsion de jaune d'œuf pour 100 ml de base, le tout réparti en boîtes de Pétri. Après solidification, 0,1 ml de chaque échantillon de lait cru a été étalé en surface. Les boîtes ont été incubées à 37°C pendant une période de 24 à 48 heures. Les colonies présomptives, sélectionnées pour la confirmation, présentaient un aspect caractéristique : noir, brillant, convexe, avec un diamètre de 1,5 à 2,5 mm, et cerclées d'un halo clair (zone de lécithinase) parfois entouré d'une zone opaque (lipolyse) (**Kazeminia et al., 2023**).

2.2. Test de confirmation (Recherche de la coagulase)

Les colonies typiques isolées ont été repiquées dans du bouillon cœur-cerveille (BHI) puis incubées à 37°C pendant 24 heures pour activer la production de coagulase.

La confirmation a consisté à mélanger 0,1 ml de cette culture avec 0,3 ml de plasma de lapin dans des tubes stériles, incubés à 37°C. La lecture de la coagulation a été effectuée après 4 à 6 heures.

Un résultat est considéré positif (présence de *S. aureus*) lorsqu'un coagulum solide occupe au moins les trois quarts du volume du mélange.

Un témoin négatif, composé de plasma et de bouillon BHI nonensemencé, a été inclus pour valider la réaction.

- **Dénombrement des Streptocoques fécaux**

La quantification des Streptocoques fécaux a été réalisée via la méthode de Rothe. Un volume de 1 mL issu des dilutions a été transféré dans trois tubes de bouillon spécifique. Suite à une incubation

de 48 heures à 37 °C, les tubes troubles, indicateurs de positivité, ont été repiqués sur gélose bile-esculine-azide (BEA) afin de confirmer la présence, après 24-48h à 37°C (**Faye et Loiseau, 2002**).

- **Recherche et identification de la flore lactique d'intérêt technologique**

L'investigation du microbiote lactique s'avère cruciale vu son rôle dans la transformation du lait. Évaluer sa charge permet de contrôler sa variabilité et, ainsi, sa valeur technologique. Ce cortège microbien se compose principalement de bactéries Gram-positives et catalase négative, prenant des formes de coques ou de bacilles (**Montel et al., 2005**).

Leur énumération s'appuie sur l'usage du milieu M17, rendu sélectif via l'acide nalidixique. L'incubation est réalisée à 25°C et 37°C durant 72 heures. Par ailleurs, le milieu MRS (De Man, Rogosa, et Sharpe) est employé pour isoler ces ferments. Ce substrat répond aux besoins nutritionnels, acidogènes et acidophiles des souches. L'incubation s'effectue à 37°C pour 48 heures.

- **Identification de la flore lactique par les galeries API**

La caractérisation phénotypique des souches purifiées a été effectuée via le système bioMérieux s'appuyant sur les galeries API 50CHL v5.2 (Marcy-l'étoile, France). Le protocole d'inoculation et l'analyse ont suivi scrupuleusement les recommandations du fournisseur :

- Croissance préalable de la culture pure sur gélose dédiée (24h, à 30°C puis 45°C pour les ferments lactiques),
 - Préparation d'un inoculum dense en reprenant une colonie isolée dans une ampoule de Suspension API,
 - Inoculation des cupules de la galerie API 50 CHL avec la suspension, suivie d'un scellage à l'huile de paraffine stérile,
 - Mise à l'étuve en aérobiose à 25°C, 30°C et 45°C durant 48 heures,
 - Lecture des tests (24h et 48h) : détection du virage coloré de l'indicateur, révélant l'activité métabolique bactérienne,
 - Saisie et analyse des données.
- L'identification des profils biochimiques a été finalisée par le logiciel APILAB (bioMérieux, France).

11.3- Qualité physico-chimique

Avant de procéder aux analyses physico-chimiques, le lait conservé dans les flacons en plastic est bien agité pour une bonne homogénéisation. Les échantillons ont subi une série d'analyses physico-

chimiques : l'extrait sec total, le mouillage du lait, l'acidité, le pH, la densité, le taux butyreux et le taux protéique, le lactose et la matière minérale.

Sur chaque échantillon de lait, nous avons réalisé cinq répétitions en ce qui concerne les constituants chimiques pour lesquels nous avons considéré la moyenne.

- **Détermination de l'extrait sec total du lait**

Fondement : L'évaluation de l'humidité et de la matière sèche totale s'effectue via un dessiccateur infrarouge (IIAXIS) opérant à 105°C sur une durée de 15 minutes (IDF, 2018).

Procédure

Un échantillon de 5 ml de lait est réparti uniformément sur la coupelle, en assurant une répartition symétrique.

Calcul des données

En fin de cycle, l'écran indique directement le pourcentage d'humidité, tandis que la teneur en extrait sec total (%) est déterminée par la relation :

$$EST\% = 100 - H\%.$$

- **Mesure du pH**

Cette mesure se fait soit au laboratoire à l'aide de pH mètre digital portable de type HANNA HI 991003.

- **Détermination du taux butyreux (Méthode GERBER)**

Principe : Ce procédé repose sur la digestion des composants non gras du lait via l'acide sulfurique. L'action combinée d'une centrifugation et de l'ajout d'alcool iso-amylque permet d'isoler la phase lipidique sous forme de couche limpide. Sa lecture directe sur l'échelle graduée du butyromètre détermine la concentration en matière grasse (FIL, 2018).

Mode opératoire : Dans un butyromètre, verser 10 mL d'acide sulfurique. Introduire avec précaution 11 mL de lait à la pipette, en limitant le contact initial entre les deux liquides. Ajouter ensuite l'alcool iso-amylque en surface. Boucher et agiter jusqu'à dissolution complète de la caséine. Centrifuger l'appareil à 1000-1200 t/min pendant 5 à 6 minutes.

Le taux butyreux (g/L) équivaut à $(N - N') \times 10$, avec :

N : niveau supérieur de la phase grasse.

N' : niveau inférieur de la phase grasse.

- **Détermination du taux protéique**

Principe : le dosage se fait après titrimétrie (une opération qui se fait après minéralisation et distillation avec l'équipement UDK129 VELP ITALY), selon la méthode Kjeldahl appliquée au lait (IDF, 2018).

Un échantillon lacté subit une minéralisation via l'acide sulfurique, catalysée par l'oxyde

mercurique, transformant l'azote organique en azote ammoniacal. L'ajout de soude caustique libère l'ammoniac, qui est entraîné par distillation puis capté dans de l'acide borique, avant d'être titré.

Procédure : Dans un ballon Kjeldahl, introduire approximativement 10 g de sulfate de potassium, 0,5 g d'oxyde de mercure et 5 ml de lait, puis ajouter 20 ml d'acide sulfurique et homogénéiser. Chauffer prudemment le mélange sur l'unité de minéralisation, suivi d'une ébullition intense (durée de 3 à 4 heures).

Après retour à température ambiante, introduire 50 ml d'eau distillée, 20 ml de solution d'acide borique et 2 à 3 gouttes d'indicateur coloré.

Positionner le flacon sous le réfrigérant pour immerger la sortie du distillateur dans la solution boriquée, puis ajouter 50 ml de solution de soude sulfurée. Finalement, titrer le distillat avec de l'acide chlorhydrique 0,1 N.

Un essai à blanc est réalisé simultanément en remplaçant le lait par de l'eau distillée. Le taux protéique en g/L est :

$$TP \text{ (g/L)} = \frac{V_a - V_b}{V_l} \times 1.4 \times 6.39$$

Où

TP : taux protéique

V_a : volume de l'acide sulfurique

V_b : volume de l'acide chlorhydrique en ml utilisé au cours de l'essai à blanc

V_l : volume du lait mis en œuvre

- **Teneur en lactose**

La quantification s'effectue par spectrométrie infrarouge (appareil YORK GB), suite à la dissolution de 20 ml de lait dans 1 ml de phénol aqueux et 5 ml d'acide sulfurique, avec une homogénéisation mécanique via agitateur vortex (Cadillac) puis ébullition durant cinq minutes. La lecture de l'absorbance est réalisée à 490 nm comparativement à un blanc d'eau distillée. La calibration est établie à l'aide d'une solution standard de lactose à 1 g/l (**IDF, 2018**).

- **Matière minérale**

L'évaluation du contenu minéral des laits a reposé sur la quantification des cendres totales. La méthode implique la calcination de 10 ml d'échantillon, placé en creuset, à 500°C durant 5 heures dans un four à moufle « LINN High Therm ». Après refroidissement en dessiccateur, la pesée est effectuée via une balance analytique (**IDF, 2018**).

$$\% \text{ cendres totales (matière minérale)} = M (\text{cendres}) \times 100 / M (\text{prise d'essai})$$

- **Détermination du mouillage**

L'adjonction hydrique (Mouillage) désigne le volume de liquide apporté frauduleusement par les producteurs dans le lait.

Mode opératoire : Pour réaliser cette opération, nous avons introduit dans le tube central du cryoscope (FUNKE GERBER) 50 ml de lait puis on le plonge dans un mélange réfrigérant à -4°C. Après stabilisation de la colonne de mercure, on procède à la lecture de température de congélation en degré Celsius. Sur un disque de lecture, on retrouve le taux de mouillage correspondant à la température lue précédemment (**IDF, 2018**).

En se basant sur le point de congélation, on pourra calculer le taux de mouillage en tenant compte de la formule établie par **Vignola, 2010** :

Le pourcentage T d'eau ajoutée au lait

$$T = ((0.520 - pc) / 0.520) \times 100$$

Pc : représente le point de congélation de l'échantillon prise en valeur absolue. La température de référence du lait de vache et de -0,520°C

11.4-Autres critères de qualité des laits

11.4.1- Résidus d'antibiotiques

L'examen des prélèvements a exploité la méthode Delvotest T microplaque (fournisseur DSM Food Specialities). Ce dispositif de 96 alvéoles contient une gélose inoculée avec des spores de *Bacillus stearothermophilus*. Le principe repose sur la détection des résidus antibiotiques (bêta-lactamines, tétracyclines, céphalexine, sulfamides) dans le lait via l'inhibition de la croissance bactérienne. Les plaques, retirées du froid, ont été défilmées. Une numérotation a d'abord été effectuée pour associer chaque alvéole à son prélèvement. Par la suite, un volume de 100 µL de lait a été introduit dans le puits désigné, en utilisant une micropipette à cônes stériles. Ces microplaques préparées, scellées avec le film plastique du kit, ont subi une incubation au bain-marie à 64 ± 2° C durant 180 minutes. Après incubation, la lecture des résultats s'est effectuée visuellement suivant le protocole Delvotest T (**Ben-Mahdi et Ouslimani, 2009 ; Manuel Delvotest T, 2016**). Les virages de couleur blanc à jaune citron indiquaient des échantillons très négatifs, tandis que la teinte olive marquait les négatifs. Une coloration grise signalait un résultat positif, et une teinte bleu-violacé correspondait à un résultat très positif (figure 16). Dans ce travail, la classification finale regroupe les négatifs/très négatifs d'un côté et les positifs/très positifs de l'autre.

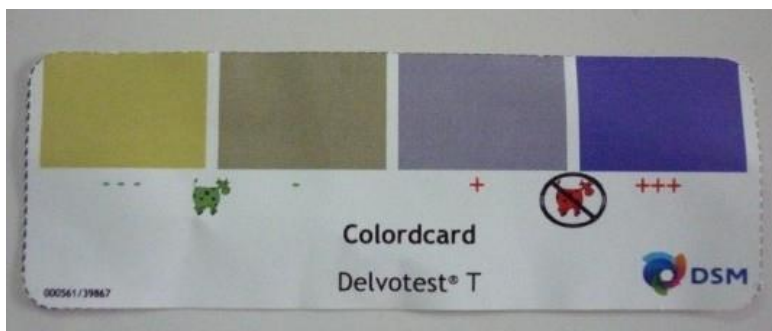


Figure 16 : Lecture des microplaques du kit Delvotest T (Delvotest T Ampoules Manual, 2016)

11.4.2- Urée dans le lait

La concentration en urée du lait bovin fluctue en fonction de la ration protéique ingérée, constituant ainsi un indicateur de la pertinence de la diète. Ce dosage sert également à déceler une falsification frauduleuse, visant à élever artificiellement le taux azoté total par l'ajout direct d'urée.

Méthode

Les analyses ont été réalisées via le système CDR FoodLab® (figure 17), un dispositif conçu pour la quantification rapide et aisée de divers paramètres chimiques dans le lait et ses dérivés. Cet appareil s'appuie sur une technologie photométrique à LED avancée, garantissant sensibilité, exactitude et fiabilité des résultats. Le CDR FoodLab® permet de traiter simultanément jusqu'à 16 échantillons, avec un temps de réponse global de 8 minutes pour cette capacité maximale.

Le dosage de l'urée exploite des réactifs pré-dosés à faible toxicité, spécifiquement formulés par le département R&D de CDR. Les échantillons sont insérés dans des cellules de lecture thermostatées à 37°C pour l'incubation. Ces mêmes cellules assurent l'homogénéisation lait-réactif, tandis que les émetteurs LED mesurent la réaction enzymatique, affichant directement la concentration uréique finale.

Principe du test

L'urée subit une hydrolyse enzymatique par l'uréase, libérant de l'ammoniaque. Les ions ammonium générés réagissent avec un composé phénolique pour produire un complexe coloré (vert-bleu). L'intensité de cette couleur, évaluée par photométrie à 700 nm, est directement corrélée à la teneur en urée de l'échantillon analysé.



Figure 17 : Analyseur de l'urée CDR FoodLab®

11.4.3- Dénombrement des cellules somatiques dans le lait

Mode opératoire

À partir d'une plaque de plastique avec cupules, une petite quantité de réactif est ajoutée à un jet de lait de chaque demi-mamelle de l'animal à tester. Lorsqu'il est mélangé avec du lait, le réactif CMT réagit avec l'ADN des cellules somatiques pour former un gel visqueux. Plus le lait est riche en cellules, plus le mélange sera visqueux, ce qui indique la gravité de l'inflammation (**Canadian Bovine Mastitis Research Network, 2018**).

On attribue à l'échantillon de lait testé un score de 0 à 3 selon le degré de viscosité observé (tableau 17).

Ce test a été complété par un comptage en temps réel pour déterminer précisément le nombre des cellules somatiques dans le lait cru produit par les exploitations étudiées.

Tableau 17 : Interprétation des résultats du test du CMT selon **Canadian Bovine Mastitis Research Network, 2018**.

Score	Test	Description de la réaction	Nombre de CS /ml
0	Négatif	Le mélange demeure liquide et homogène	0 – 200 000
0	Négatif (traces de cellules)	Le mélange devient légèrement visqueux. La réaction est réversible, la viscosité tend à disparaître	150 000 – 350 000
1	Positif	Le mélange devient visqueux sans formation de gel au centre et la viscosité tend à persister	400 000 – 1 500 000
2	Positif	Le gel recouvre le fond de la cupule. Si on verse le mélange, la masse gélatineuse tombe et peut laisser du liquide dans la cupule	800 000 – 5 000 000
3	Positif	Formation d'un gel au centre de la cupule. Si on verse le mélange, celui-ci tombe d'un coup sans laisser de liquide.	> 5 000 000

11.4.4- Lactofermentation des laits

Objectif du test : Obtenir une indication de l'aptitude des laits à la transformation d'un point de vue microbien (**Kazeminia et al. 2023 ; Mahaut et al. 2000**).

Principe du test

Basé sur la coagulation acide du lait par floculation des protéines, ce test permet de suivre le comportement de l'écosystème microbien du lait dans des conditions définies par celles du test (couple temps / température) en observant, au travers de l'aspect du coagulum, l'effet de la croissance conjointe des différentes microflores du lait (compétition, synergie). Il permet d'émettre des hypothèses sur la prédominance de microflores d'altération et la charge microbienne globale des laits et de mesurer l'aptitude à l'acidification des laits (Axelsson, 2004).

Méthode : Le test de lactofermentation est réalisé sur un échantillon de lait de 25 ml, préalablement prélevé aseptiquement, porté dans un tube stérile (avec fermeture hermétique) et placé dans un bain-marie à 37°C pendant 06 à 24 heures.

Une évaluation de la nature des flores microbiennes est faite à partir des gels des coagulums obtenus :

- Gel homogène : Flore lactique dominante indiquant que le lait est de qualité transformable satisfaisante
- Gel spongieux : (avec des bulles d'air difformes) indiquant la présence de bactéries coliformes
- Gel à coagulum floconneux avec exsudation importante de lactosérum, indiquant la présence de bactéries acidifiantes et d'une flore d'altération indésirable entraînant une acidification avec une protéolyse sévère
- Gel à coagulum digéré modérément à complètement indiquant la présence de bactéries psychrotrophes.

12- Typologie de la qualité laitière et potentiel de transformation

La démarche méthodologique adoptée, selon les démarches méthodologiques de **Busanello et al. (2017)** et **Frizzarin et al. (2021)**, repose sur une segmentation analytique des exploitations, visant à établir une typologie basée sur la convergence des indicateurs technico-économiques et sanitaires.

A- Segmentation et typologie des exploitations

La classification des unités de production a été opérée par un regroupement systématique des exploitations présentant des similitudes structurelles. Cette approche permet de définir des "Pôles Homogènes", facilitant l'interprétation des données zootechniques et biochimiques à l'échelle de chaque catégorie d'élevage.

B- Détermination des indicateurs de performance

Pour chaque classe identifiée, les paramètres ont été établis selon les protocoles de calcul suivants :

Indice de représentativité : L'importance relative de chaque catégorie est définie par son effectif (n) rapporté à l'échantillon total, exprimé en pourcentage.

- Densité zootechnique (Taille du troupeau) : La charge moyenne de vaches en lactation par unité de production est déterminée par l'équation :

$$\text{Moyenne de classe} = \frac{\sum \text{Vaches en lactation de la catégorie}}{\text{Nombre d'exploitations de la catégorie}}$$

- Référentiel de performance laitière : L'évaluation de la productivité s'appuie sur les normes de l'**ITELV, 2022** (Institut Technique des Élevages, ITELV, basée à Baba Ali, Algérie) pour la race Prim-Holstein en contexte algérien. Les performances sont calibrées selon deux seuils normatifs :
 - Phase de persistance (basse lactation) : Référence fixée à 18,5kg/jour.
 - Pic de lactation (haute lactation) : Référence fixée à 35kg/jour.

C- Analyse de conformité

L'écart entre les performances observées et ces données normatives permet d'évaluer le niveau de maîtrise technique de chaque classe. Les résultats sont présentés sous forme de moyennes pondérées, reflétant la réalité terrain par rapport au potentiel biologique de la race étudiée

D- Évaluation de l'aptitude technologique et sanitaire

L'évaluation de la qualité de la matière première repose sur une analyse comparative entre les résultats expérimentaux et les standards internationaux (**IDF, 2018 et FAO/OMS, 2019**). La méthodologie s'articule autour de trois axes de conformité :

- Équilibre Nutritionnel et Ratios Biochimiques

La caractérisation nutritionnelle est déterminée selon les seuils de l'**IDF (2018)**. La conformité du lait est validée par le respect des intervalles suivants :

- Extrait Sec Total (EST) : 11,5 % à 13 %
- Taux Butyreux (TB) : 3,0 % à 3,8 %
- Taux Protéique (TP) : 2,9 % à 3,5 %
- Lactose : 4,0 % à 5,0 %

- Aptitude à la transformation (Indices technologiques)

L'aptitude du lait à la transformation industrielle est évaluée par deux indicateurs clés :

- Rapport TB/TP : Ce ratio permet d'orienter la technologie de fabrication.
 - Seuil fromager : $\leq 1,2$

- Optimum lait fermenté : $\approx 1,15$
- Taux d'Urée : Utilisé comme marqueur de l'équilibre métabolique (protéines digestibles).
 - Valeur cible : ≥ 200 mg/L.
- Qualité sanitaire et hygiénique

La classification du lait s'appuie sur la charge microbienne et l'état sanitaire de la mamelle, conformément aux directives de la **FAO/OMS (2019)** et de l'**IDF (2018)** :

- Qualité cytologique : Le dénombrement des cellules somatiques (CCS) définit l'aptitude sanitaire.
 - Seuil réglementaire : ≤ 400000 cellules/mL.
 - Excellence sanitaire : ≤ 200000 cellules/mL.
- Qualité bactériologique (Flore Totale – ufc/mL) : La classification hygiénique est établie selon les trois paliers suivants :
 - Classe A (Qualité supérieure) : ≤ 50000 ufc/mL (Recommandé pour la performance de transformation : $< 10^5$ ufc/mL).
 - Classe B (Qualité intermédiaire) : ≤ 1500000 ufc/mL.
 - Classe C (Qualité limite) : > 1500000 et ≤ 2000000 ufc/mL

13- Corrélations physiologiques entre précurseurs sanguins et synthèse lactée

Pour corrélérer paramètres sanguins et composition du lait, la méthodologie suivante a été adoptée :

A- Échantillonnage et suivi des troupeaux

Sélection : Identification de trois catégories d'exploitations laitières (vaches de race Prim' Holstein).

Contrôle alimentaire : Caractérisation des rations (pâturage, concentrés ONAB, céréales) et suivi de la stabilité du plan alimentaire durant la période de lactation.

B- Collecte des données biochimiques

Prélèvements Sanguins : Analyse des teneurs en glycémie, triglycérides et protéines totales (indicateurs de l'état nutritionnel).

Analyses du lait : Dosage du Taux Butyreux (TB), du Taux Protéique (TP) et du Lactose.

C- Analyse référentielle

Comparaison de Référence : Confrontation des valeurs obtenues avec les standards internationaux (**IDF 2018 et WOAHA 2022**).

Étude de Corrélation : Application du test de corrélation de Pearson pour mesurer la force de l'association entre les paramètres du sang et du lait (calcul des coefficients r).

Seuil de Signification : Validation de la robustesse des résultats par un test de probabilité (fixé à $P < 0,01$).

D- Interprétation des variations

Analyse de l'impact des carences fourragères et des régimes de substitution (concentrés) sur les fluctuations des paramètres biochimiques

14- Traitement statistique des résultats

Les résultats obtenus à partir des indicateurs de l'évaluation alimentaire et de la production laitière ont été soumis à une analyse statistique descriptive par le logiciel IBM SPSS (Version 29 du 12 Septembre 2022) et, lorsque si nécessaire, à un test de corrélation à l'aide du logiciel Excel® 2013.

Chapitre II : Résultats et Discussion

1. Résultats de l'enquête

1.1- Caractérisation générale des exploitations laitière étudiées

La répartition en catégories des exploitations selon la superficie fourragère utilisée en irriguée ou en sec, est représentée dans la figure 18. En moyenne 42,86 % des exploitations ont une surface fourragère irriguée, 47,62 % ont une surface fourragère en sec et 9,52% ne disposent d'aucune surface. La surface fourragère moyenne irriguée est de 2,6 ha par exploitation. Les superficies fourragères sont occupées exclusivement par l'orge et la luzerne.

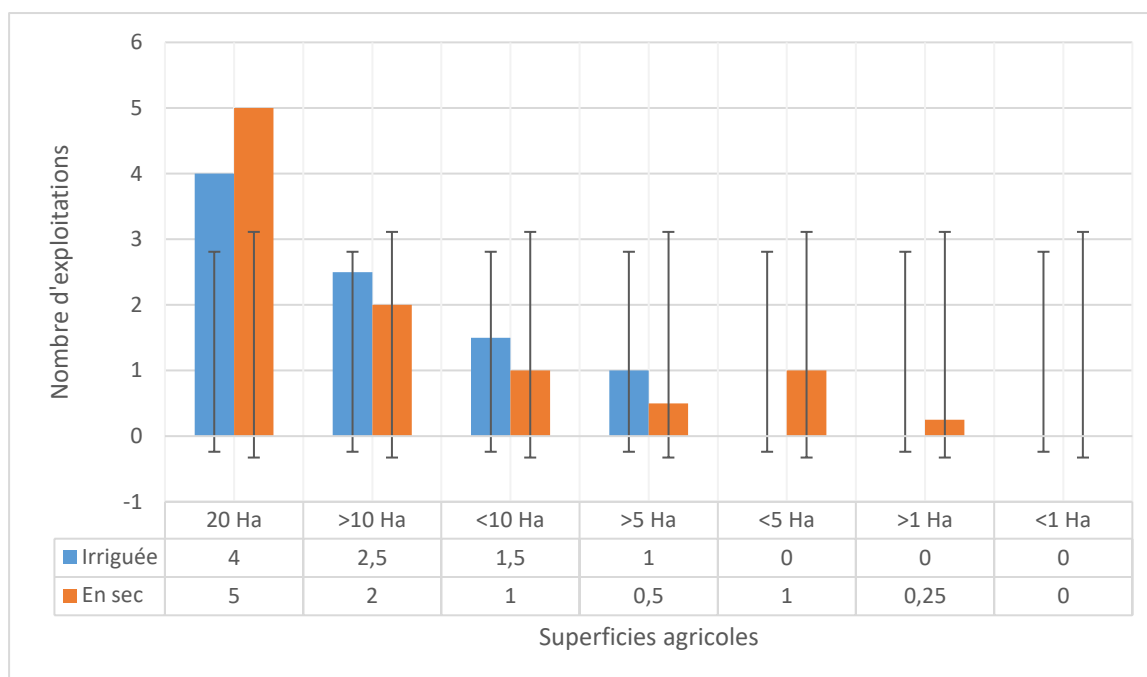


Figure 18 : Superficies fourragères des exploitations étudiées

Ainsi on peut voir sur la figure 18, sur les 21 exploitations étudiées, 09 exploitations disposent de superficies agricoles irriguées et 10 exploitations font de la production animale laitière sur des superficies en sec. La production laitière sur des superficies en sec constitue un handicap à la disponibilité des ressources fourragère en vert.

D'après l'enquête les exploitations ciblées disposent de 18,75 hectares de superficies fourragères pour 828 vaches laitières, ce qui représente 0,022 ha de surface fourragère par vache laitière.

Le nombre de vaches par élevage est en moyenne de $39,43 \pm 5,08$; 99,7 % des enquêtés élèvent exclusivement des Prim Holstein contre seulement 0,3 % des Montbéliarde. Les deux races se retrouvent ensemble dans la même exploitation dans 14,29% des cas. Le pourcentage de parité du cheptel bovin laitier est à 62,37% multipares chez les exploitations de catégorie 1, contre 74,15% chez celles de catégorie 2 et représente 81,08% chez la catégorie 3 (tableau 18). La comparaison de l'effectif moyen des exploitations étudiées ($39,43 \pm 5,08$ vaches

laitières/Exploitation) à ceux des exploitations de l'Europe (plus de 40 vaches) et des Amériques (Sud plus 50 vaches, Nord plus de 100) indique une grande différence selon les travaux de **Chatellier (2020)**. En moyenne de superficie fourragère, l'Union Européenne et les USA recommandent une moyenne de 0,25 à 0,3 Ha par vache laitière (**Peyraud, 2019**).

La majorité des éleveurs interrogés (72,85 %) ont un niveau d'étude moyen alors que 17,37 % sont des universitaires et 9,78 sont sans niveau. Par ailleurs, les exploitations laitières sont toutes accompagnées par les structures de la Direction des Services Agricoles de la Wilaya de Mostaganem.

Les exploitations sont de type agricole familial. Selon le rapport de situation sur l'exploitation agricole familiale de la **FAO (2020)**, ce type d'exploitation s'accompagne de méthodes et de pratiques d'élevage (traditionnelles) garantes de continuité de ressources et de subsistance mais à incidence directe sur leur évolution, leur développement et leur modernisation.

1.2- Caractérisation des catégories identifiées

1.2.1- Catégorie 1

Cette catégorie représente neuf unités, équivalant à 42,86 % de l'échantillon total étudié. Il s'agit d'élevages d'envergure dotés de surfaces agricoles conséquentes. Si la SAU est élevée, l'intégration de cultures fourragères reste limitée. La SAF se restreint à de rares hectares de jachères, qu'elles soient en repos ou emblavées en fourrages, notamment la luzerne et l'orge en vert. Bien que situés dans le périmètre irrigué couvrant les trois entités topographiques de Mostaganem (vallée de l'Ouest, plateau et monts du Dahra), l'irrigation y est peu développée. Ces structures sont cependant bien dotées en équipements agricoles et bâtiments. La production repose sur des bovins à fort potentiel génétique, principalement la race Prim'Holstein. La céréaliculture domine largement, couplée à l'élevage.

1.2.2- Catégorie 2

Six exploitations composent cette catégorie, représentant 28,57 % de l'échantillon enquêté. Il s'agit de structures d'élevage de faible envergure. Le foncier pastoral (SAF) se limite à des jachères spontanées, offrant une ressource herbagère pâturable. Cette catégorie regroupe une minorité d'éleveurs établis dans le plateau et la Vallée de l'ouest de Mostaganem. Le cheptel est majoritairement de souche importée, surtout la Prim'Holstein. Les infrastructures d'étable et le matériel agricole sont limités. Enfin, l'association élevage-céréaliculture caractérise ce système.

1.2.3- Catégorie 3

C'est la catégorie la moins dotée qui se compose de six exploitations soit 28,57% englobant des exploitations de petites tailles avec peu de terres. Ce sont des élevages à caractère traditionnel disposant de très peu d'équipements. La contrainte foncière est rencontrée. Ce groupe d'éleveurs est localisé dans le Plateau et la Vallée de l'Est de Mostaganem (hors du périmètre irrigué),

majoritairement en élevage hors sol. La faible SAF disponible est consacrée majoritairement aux jachères non cultivées. L'exploitation de la race performante Prim Holstein est la plus dominante.

1.3- Caractéristiques et principaux enseignements des catégories identifiées

L'étude entreprise a rendu possible la typologie et la caractérisation d'élevages de bovins laitiers au sein de la wilaya de Mostaganem (tableau 18). Il ressort de cette analyse que la structure foncière, l'effectif du troupeau et le génotype constituent les variables discriminantes majeures des trois groupes établis. Les exploitations les mieux dotées en surfaces agricoles se situent majoritairement dans la zone irriguée de l'étude (Vallée de l'Ouest), couvrant plaines et hauts plateaux. Néanmoins, il faut noter que la production fourragère demeure une activité secondaire pour la majorité de ces unités, même si le premier groupe possède une part supérieure en SAF (2,5 ha), ce qui s'avère toujours déficitaire pour les exigences alimentaires du bétail laitier. Des travaux, notamment ceux de **Guedjal et al. (2023)**, **Kali et al. (2011)**, **Kaouche et al. (2012)**, **Madani et al. (2004)**, **Ouakli et Yakhlef (2003)** et **Srairi et al. (2007)**, ont prouvé que les exploitations laitières privilégient la céréaliculture au détriment des fourrages pour leur durabilité, la jugeant plus lucrative. Il est à préciser que la ration alimentaire animale est partiellement issue de ces systèmes de culture (sous-produits de récolte, jachères, etc.).

Cette prédominance de la céréaliculture au détriment du fourrage engendre un découplage structurel entre la production végétale et les besoins nutritionnels des animaux. En effet, la dépendance aux concentrés industriels et aux résidus de récolte (chaumes et paille) crée une vulnérabilité économique face à la volatilité des prix des intrants. Ce phénomène est accentué par la pression foncière dans le périmètre irrigué de la Vallée de l'Ouest, où l'arbitrage des agriculteurs favorise les cultures de rente immédiate. À cet égard, **Benidir et al. (2022)** soulignent que la faible disponibilité des surfaces fourragères pérennise un système de "hors-sol partiel", où la survie de l'exploitation repose moins sur son autonomie alimentaire que sur sa capacité à mobiliser des ressources externes, souvent au détriment de la productivité laitière par vache.

En somme, l'élevage laitier à Mostaganem reste structurellement contraint par une équation foncière non résolue : si la localisation géographique et la génétique distinguent les exploitations, toutes se heurtent au même plafond de verre. La terre, bien que plus présente dans la Vallée de l'Ouest, ne nourrit pas encore le bétail, reléguant le fourrage au rang de culture secondaire. Cette déconnexion entre le potentiel irrigué et l'autonomie alimentaire souligne que, sans une transition vers une production fourragère intégrée, la taille et la race du cheptel demeureront des leviers de performance bridés par une dépendance extérieure persistante.

Tableau 18 : Caractéristiques qualitatives et valeur moyenne des variables des groupes identifiés (valeurs ayant permis la caractérisation des catégories).

Variables	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3
Superficie agricole utile (ha)	9,66 ± 2,34	2,58 ± 1,42	0,25 ± 0,45
Superficie fourragère utile (ha)	2,5 ± 0,5	0,54 ± 0,07	0,038 ± 0,007
Superficie irriguée (ha)	1,25 ± 0,75	0,15 ± 0,2	0
Nombre de VL	77,15 ± 4,15	15,17 ± 4,17	7,33± 2,33
Race	Introduite à haut potentiel	Introduite à haut potentiel	Introduite à haut potentiel
Parité des VL	62,37% Multipares	74,15% Multipares	81,08% Multipares
Equipements agricoles	Important	Moyen	Faible
Nombre d'étables existantes (locaux)	7,12±0,88	3,08±0,92	0,96±0,04
Production laitière L/j	1703,48±16,52	275,33±6,67	126,45±1,55
Quantité d'aliment/j/VL	41,24±0,16	39,05±0,75	39,10±0,05
Main d'oeuvre (niveau majoritaire)	Niveau secondaire	Niveau Moyen	Niveau scolaire
Main d'oeuvre (effectif)/VL	0,23±0,07	0,26±0,04	0,34±0,07

Nos observations révèlent que l'étroitesse des superficies foncières allouées aux plantes fourragères représente une entrave majeure au développement de cette filière. Par ailleurs, l'irrégularité chronique des précipitations pénalise fortement la conduite de ces cultures, tel que mentionné antérieurement. L'inexistence d'un mode d'arrosage performant rationalisant les importantes ressources hydriques locales aggrave la pénurie de biomasse fraîche ; l'irrigation par submersion concerne effectivement un cinquième du périmètre exploité. Cette situation corrobore les conclusions de **Ouakli et Yakhlef (2003)** relatives à la zone nord-ouest. Ces auteurs soulignent que l'optimisation des performances fourragères requiert impérativement la réduction des terres en jachère ainsi que l'affectation prioritaire de l'eau aux cultures destinées au bétail.

Les éleveurs des bovins laitiers adaptent leur système d'alimentation suivant la disponibilité des aliments. Ces dernières années, les changements climatiques, avec des saisons sèches observées, ont provoqué une modification de la saisonnalité de la production fourragère. Pour élaborer leur système

alimentaire, les producteurs laitiers acquièrent des produits dérivés céréaliers, du concentré et accessoirement de l'ensilage selon leur disponibilité financière. Les exploitations laitières ont toutes adopté une ration alimentaire la plus économique pour subvenir aux besoins nutritionnels du troupeau et en évitant au maximum toute carence en nutriments essentiels à la croissance, à l'entretien et à la production laitière. Ces considérations consolident l'existence des trois systèmes alimentaires donnant lieu à 03 catégories d'exploitations.

L'analyse typologique des exploitations montre que la majorité des élevages est concentrée dans les plaines (vallées et plateau de Mostaganem), où l'élevage bovin est pratiqué en système moderne et en système semi-traditionnel. Des études antérieures entreprises par **Abbas et al. (2005)**, **Belhadia et al. (2009)**. Sur des exploitations laitières algériennes de l'Ouest et de l'Est ont démontré une délocalisation presque complète de l'élevage traditionnel. En effet, ces auteurs ont confirmé que des exploitations d'élevage bovin laitier ne sont plus localisées dans la zone montagneuse représentée par les hauts plateaux des régions d'étude et se retrouvent majoritairement au niveau des plaines. Les éleveurs ayant des potentialités foncières et financières devraient investir sur la qualité de la main d'oeuvre, sur la modernisation des équipements et sur les pratiques d'élevage. La caractérisation typologique permet d'identifier et de classer les systèmes d'élevage et de porter un diagnostic sur leur fonctionnement au moment où elle est réalisée. D'après **Hammami et al. (2013)** et **Perreau (2022)**, la répétition des enquêtes renseignent mieux sur les dynamiques d'évolution des systèmes d'élevage. Dans la présente recherche, 19,05% (4/21) des élevages laitiers sont en hors sol ou ne disposent pas de surfaces fourragères suffisantes dans la Vallée de l'Est de Mostaganem ; d'où le recours d'apports des produits céréaliers (paille son) extérieurs à l'exploitation est nécessaire pour compléter la ration et combler le déficit fourrager. La problématique de l'alimentation de l'élevage algérien est accentuée par la délivrance d'agréments sanitaires d'élevage laitier à des établissements ne disposant pas de terres agricoles utiles indispensables pour cette activité (**Makhlouf, 2015 et Meskini et al. 2020**).

Les terres impliquées dans la production fourragère dans l'ensemble des élevages étudiés ne représentent que 24,64 % de la SAU (3,08/12,50 SFU/SAU en ha), constituées principalement de la jachère et des chaumes de céréales. Leurs productions fourragères sont en dessous des besoins alimentaires de leurs cheptels. La ration de base des vaches est composée essentiellement de produits céréaliers. L'approvisionnement en aliments verts n'est possible que durant le printemps en pâturage libre sur des prairies naturelles (jachère non travaillée) ou artificielles (orge en vert) et en pâturage fauché rationné, durant les autres saisons de l'année, soit avec de l'herbe ou avec des résidus des cultures collectés des champs riverains des exploitations. Ce déficit fourrager est constaté dans la majorité des exploitations à l'exception de quelques-unes qui ont introduit la luzerne. L'utilisation de l'ensilage est absente dans la quasi-totalité des exploitations à l'exception

de deux fermes modernes situées respectivement dans le plateau et la vallée de l'ouest de la wilaya. Cette situation a rendu la production laitière dépendante en grande partie sur une alimentation à base de concentré avec tous les inconvénients que cela engendre. **Lazreg et al., (2020)** et **Madani et al., (2004)** ont confirmé qu'en Algérie le concentré et les sous produits de la céréaliculture représente 72 % des dépenses alimentaires dans les élevages bovins laitiers. En effet la part du concentré et de la paille et du son de blé est importante dans la ration des VL, elle présente une moyenne de $14,33 \pm 0,17$ kg par vache et par jour (34,60%) pour les exploitations de catégorie 1, contre $13,05 \pm 0,05$ kg (31,29%) et $23,50 \pm 0,1$ kg (60,05%) pour celles de la catégorie 3. Cette pratique est considérée par les éleveurs comme critère d'augmentation de la production laitière en compenser le déficit des fourrages verts. L'absence de rationnement adéquat peut avoir des effets néfastes d'une part sur la santé et la productivité de la vache et d'autre part sur la durabilité de la filière. Ces faits ont été constatés **Zirmi-Zembri et Kadi, (2016)** et corroborent avec notre étude.

Bien que la majorité des fermes privilégie l'exploitation de bovins à fort potentiel génétique (Prim'Holstein), les rendements laitiers obtenus restent en deçà des attentes et demeurent à des niveaux plutôt faibles. Selon **Meskini et al. (2023)** ainsi que **Nouad et Belhadi (2000)**, cette orientation des éleveurs vers la Prim'Holstein s'explique par la volonté d'accroître le volume de lait produit, mais aussi par l'ancrage historique de cette race importée dès l'aube de l'indépendance. Pourtant, en dépit de sa notoriété internationale, la productivité de ces vaches dans la zone d'étude reste médiocre, affichant des valeurs similaires entre les différentes catégories d'exploitation. Ce constat découle, d'un côté, de la stratégie algérienne d'intensification laitière, basée sur l'importation non régulée de vaches à haut rendement de provenances diverses (**Makhlouf et Montaigne, 2017**) et, d'un autre côté, de la piètre adaptation de ces cheptels aux contraintes climatiques locales, conjuguée à une insuffisance en alimentation adéquate.

L'examen des données révèle de façon évidente que les exploitations de catégorie supérieure (1ère) disposent du meilleur parc de matériel agricole (production/élevage) et d'étables modernes pour leur cheptel laitier. À l'opposé, la catégorie trois réunit de petites unités, moins performantes, affichant un équipement restreint. L'augmentation du rendement laitier est directement liée à l'évolution et à l'intensification des techniques d'élevage, notamment pour la conservation des fourrages, les infrastructures d'hébergement et les installations de traite (**Maltz, 2020**). La structure de la main-d'œuvre reste, elle, à dominante familiale sur l'ensemble du panel. L'emploi permanent extérieur à la famille est très minoritaire, s'élevant à seulement 18,75 %. Cette situation constitue un défi majeur pour la pérennité d'élevages fonctionnant souvent sur des bases informelles pour leurs ouvriers occasionnels. Cette force de travail agricole est sous-payée et non couverte par la sécurité sociale (**Kaouche, 2015**). L'élevage laitier est une filière sensible, bien que stable et durable, exigeant des professionnels qualifiés (**Belkheir et al., 2015**). D'après l'étude, il apparaît que l'essentiel de la main-

d'œuvre est peu formée, agissant par simple expérience ou tradition héritée, assurant la subsistance familiale. Seules 38,10 % des fermes (8/21) emploient des agronomes en contrat permanent et des vétérinaires rattachés. Il est à noter que, depuis 2020, l'État algérien a lancé des initiatives de formation spécialisée en agro-élevage, en collaboration avec des structures de modernisation agricole (**MADR, 2023 a**). L'insuffisance d'expertise technique des producteurs locaux concernant la gestion rigoureuse des cheptels, couplée à une sous-optimisation des ressources fourragères, limite considérablement l'impact des avancées zootechniques observées dans cette zone d'étude.

1.4- Typologie des intégrations fourragères

Catégorie 1 : Modules laitiers à intégration fourragère acceptable

Cette catégorie est constituée de 09 exploitations soit 42,86 % de l'échantillon enquêté avec un troupeau moyen de 77 vaches laitières. Elle distribue une ration de base composée d'un mélange de paille et de son, de la luzerne en vert, de l'orge en vert, de l'ensilage de maïs, du concentré avec du pâturage. Relativement à l'échantillon étudié, la complémentation alimentaire, bien que minime par rapport à la ration journalière, reste proche de la moyenne générale pour l'ensemble des exploitations. Ces exploitations disposent de surfaces assez importantes de chaumes en été et de jachères au printemps. Ils disposent d'une superficie de prairies par vaches insuffisante mais assez importante relativement aux données de la zone d'étude. Cette catégorie investit environ 0,02 ha par vache en cultures fourragères, ce qui constitue la particularité de cette catégorie. Bien que la productivité journalière soit peu enseignante sur la performance de production, cette catégorie apparaît comme assez productive en lait.

Catégorie 2 : Modules laitiers à faible intégration fourragère et herbagère

Cette catégorie est composée de 06 exploitations soit 28,57 % de l'échantillon enquêté avec un troupeau moyen de 15 vaches laitières. Ce sont des exploitations caractérisées par la distribution d'une ration de base composée de paille et de son, d'ensilage de maïs, du concentré et du pâturage. La ration présente des quantités assez élevées en complément alimentaire. Les cultures fourragères sont absentes avec de faibles surfaces de pâture de l'ordre de 0,036 ha par vache. Les performances de production sont proches de la moyenne générale.

Catégorie 3 : Modules laitiers sans intégration fourragère et hors sol

Six exploitations font partie de cette catégorie ce qui représente 28,57 %, avec un troupeau moyen de 07 vaches. Les éleveurs de cette catégorie distribuent des rations composées de fortes parts de paille mélangées à du son supplémentées d'herbes verts ou de résidus des cultures collectés, soit des pâturages de la région, soit des champs avoisinants les exploitations. La part du concentré est forte.

La ration présente un apport élevé en complément alimentaire. Les surfaces fourragères et les pâturages sur jachères et sur chaumes sont nuls. La productivité laitière représentative du troupeau disponible est moyenne.

1.5- Etude de la conduite alimentaire

Les ratios « effectifs bovins » et « volumes de lait collectés » sont comparés via le test χ^2 aux facteurs majeurs régissant la nutrition et le rendement laitier (tableau 19). L'analyse révèle une corrélation significative entre le rendement laitier, l'étendue des surfaces fourragères irriguées, le volume de vert distribué et la gestion du rationnement. La valeur empirique provient de la composition de la ration formulée, tandis que la valeur théorique est issue des standards nutritionnels (INRAE, 2021) pour ces mêmes aliments.

Les valeurs observées ont été déterminées par le logiciel ONET Database de Bruker FT NIR. Il n'y a pas de dépendance entre le nombre de vaches et la surface fourragère dédiée. Ce constat est aussi vrai pour la surface hors sol, inadéquate avec le troupeau laitier mis en production. Cette situation est confirmée par plusieurs auteurs dans diverses régions de l'Algérie (**Guedjal et al., 2023 ; Kaouche et al., 2012**) ainsi qu'en Tunisie (**Hammami et al., 2023 ; Houchati et al., 2016**). La variabilité des résultats est liée aux paramètres de conduite non maîtrisés (superficie, charge à l'hectare, pratiques alimentaires).

- Cette déconnexion entraîne une forte dépendance aux achats d'aliments concentrés, augmentant les coûts de production et réduisant la rentabilité.
- La faiblesse de la surface fourragère par vache limite l'autonomie fourragère, rendant les exploitations vulnérables aux variations climatiques.
- L'inadéquation entre la charge animale et les ressources fourragères se traduit souvent par des carences nutritionnelles, impactant directement la productivité laitière.
- Une meilleure gestion de l'assolement fourragère et de la charge (vaches/ha) est nécessaire pour optimiser la production, surtout dans un contexte de rareté des terres.

Tableau 19 : Résultats du test χ^2 et adéquation de la conduite alimentaire chez les 03 catégories d'élevage laitier

Paramètres	Valeur Observée	Valeur théorique	ddl	Signification statistique
Nombre de vaches/ SAF	586	90	510	*
Nombre de vaches/ Sans SAF	215	45	185	*
Nombre de vaches/ Hors sol	27	05	25	*
Quantité de lait produite/ quantité de fourrage vert distribuée (kg)	3,15	3,70	1,5	NS
Quantité de lait produite/Quantité de concentré distribué (kg)	7,18	8,30	4	NS
Quantité de lait produite/ Quantité de sous produits céréaliers distribuée (kg)	2,15	2,50	1	NS
Quantité de lait produite/ Quantité ensilage distribuée (kg)	12,07	13,95	6,5	NS
Quantité de lait produite/ Quantité complément alimentaire distribuée (kg)	3,72	4,35	2	NS
Quantité de lait produite/ Quantité de pâturage distribuée (kg)	0,81	0,95	0,5	NS
Quantité de lait produite/ à la ration distribuée (kg)	29,08	33,75	13	NS
Quantité de lait produite/ à l'abreuvement (kg)	25,27	32,87	14	NS

ddl : degré de liberté (nombre de variables aléatoires moyen), NS : non significatif * : $p < 0.05$

Ces données ont été soumises à une analyse factorielle des correspondances AFC (figure 19).

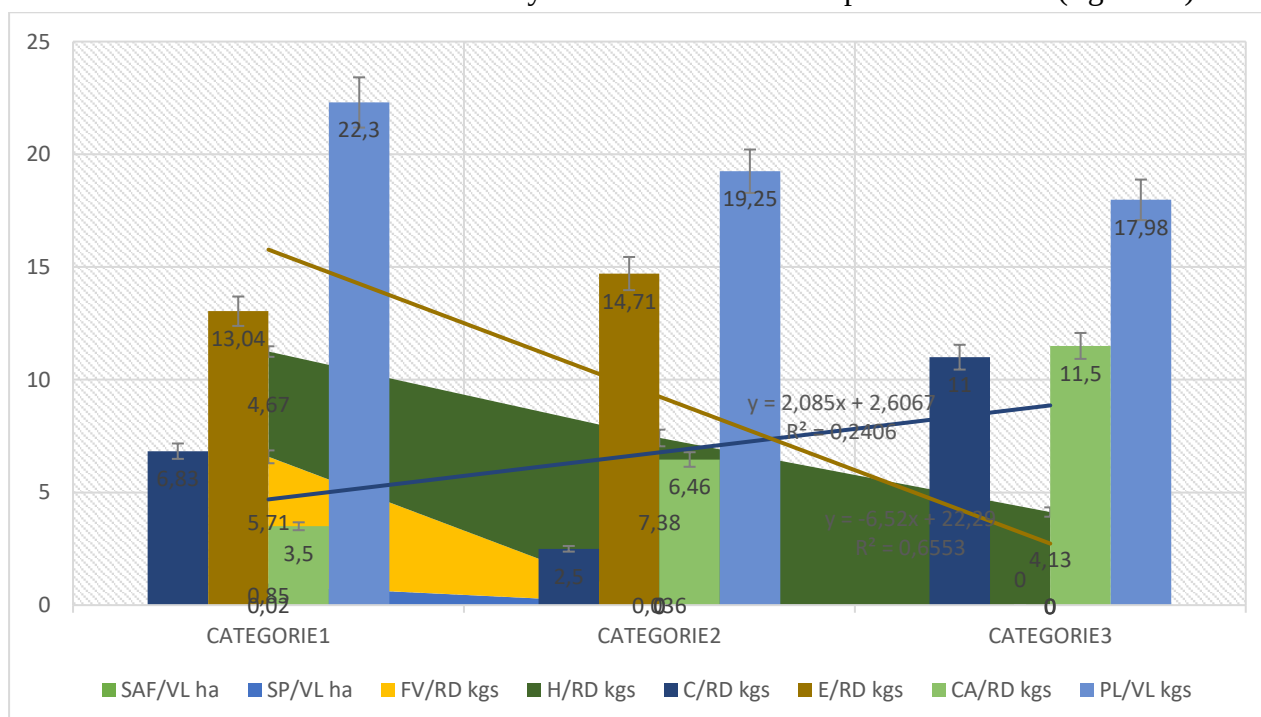


Figure 19 : Correspondances entre les superficies fourragères et les pratiques alimentaires

Représentation, selon les deux premiers axes de l'analyse factorielle des correspondances, des variables étudiées (SAF/VL : surface agricole fourragère par vache laitière (ha), surface pâturée (SP) par vache laitière (ha), Fourrage vert (FV) par ration distribuée (kgs), Herbes (H) (pâturage) par ration distribuée (kgs), Concentré (C) par ration distribuée (kgs), Ensilage (E) par ration distribuée, Complément alimentaire (CA) par ration distribuée et Production laitière (PL) par vache laitière (kgs).

L'analyse multivariée a mis en évidence 03 catégories d'exploitations d'élevages de bovins laitiers dans la wilaya de Mostaganem, L'étude statistique des pratiques fourragères avec les superficies agricoles disponibles a fait ressortir :

Une seule catégorie d'élevage retenue "comme référence", celle de la catégorie 1 qui a atteint 18% de performance DF/SAF par vache laitière avec un coefficient de corrélation $r=0,24$ (tableau 20), tenant compte du standard d'élevage laitier européen "Modèle Français" **INRAE, 2020** et du standard d'élevage laitier américain "Modèle Canadien" **FIBL, 2022**.

Ces coefficients de corrélation reflètent la superficie agricole fourragère assez faible allouée aux cultures fourragères (2,5 ha) pour un chargement moyen de 77 vaches laitières.

Pour les catégories 2 et 3, le coefficient de corrélation est nul à cause de la non disponibilité d'une superficie agricole à orientation fourragère (respectivement pour un chargement moyen de 15 et de 7 vaches laitières).

Tableau 20 : Corrélation entre superficies fourragères et disponibilité fourragère

Paramètres	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3
SAF disponible (ha)	2,5 ± 0,5	0,54 ± 0,07	0,038 ± 0,007
Nombre moyen de VL	77,15 ± 4,15	15,17 ± 4,17	7,33 ± 2,33
Référentiel (A et B) (ha)	38 ± 2,08	7,5 ± 2,09	3,5 ± 1,2
DF par vache Kg/j	5,3	3	1,9
Référentiel (A et B) Kg/j (au mini)	8,5	8,5	8,5
Coefficient de corrélation r	0,24	0,06	0,001
P. Value	0,038	0,058	0,067
Signification	*	NS	NS

Référentiel A : standard d'élevage laitier européen "Modèle Français" **INRAE, 2020**

B :

standard d'élevage laitier américain "Modèle Canadien" **FIBL, 2022**

Signification : *** (Hautement significatif) si $P < 0,01$ ** (significatif) si $P < 0,02$ * (signification faible) si $P < 0,05$, NS (Non significatif si $P > 0,05$)

D'après l'**INRA (2020)**, l'activité moderne pour une durabilité des élevages laitiers repose sur la disponibilité des surfaces agricoles pour une production fourragère et une autosuffisance alimentaire.

Pour le système alimentaire, il a été relevé ce qui suit :

Dans la catégorie 1, on a relevé que dans 42,86 % des élevages laitiers (9/21 exploitations), les

vaches reçoivent une ration journalière moyenne de 41,26 kgs. Cette ration est composée en moyenne de 5,75 kgs de paille de blé obtenue du battage, de 1,75 kgs de son de blé, de 0,88 kgs d'orge en grains, de 2,8 kgs de maïs en grains, de 0,71 kgs d'orge en vert, de 5,00 kgs de Luzerne en vert, de 4,7 kgs de pâturage, de 13,04 kgs d'ensilage de maïs, de 3,16 kgs de tourteaux de soja et de 3,5 kgs d'aliment complémentaire. L'abreuvement journalier moyen est de 63,75 kgs par jour.

Dans la catégorie 2, on a relevé que dans 28,57% des élevages laitiers (6/21 exploitations), les vaches reçoivent une ration journalière moyenne de 41,54 kgs. Cette ration est composée de 7,5 kgs de paille de blé obtenue du battage, de 03 kgs de son de blé, de 2,5 kgs d'orge en grains, de 7,38 kgs de pâturage, de 14,70 kgs d'ensilage de maïs et de 6,46 kgs d'aliment complémentaire. L'abreuvement journalier moyen est de 57,92 kgs par jour.

Dans la catégorie 3, on a relevé que dans 28,57% des élevages laitiers (6/21 exploitations), les vaches reçoivent une ration journalière moyenne de 39,13 kgs. Cette ration est composée de 7,5 kgs de paille de blé obtenue du battage, de 05 kgs de son de blé, de 4,13 kgs de pâturage, de 11 kgs d'orge en grains et de 11,5 kgs d'aliment complémentaire. L'abreuvement journalier moyen est de 52,08 kgs par jour.

En conclusion, dans la catégorie 1, le fourrage vert est à 13,84% de la ration complète, contre 11,39% pour le pâturage, 18,18% pour les sous-produits de la céréaliculture, 8,48% pour l'aliment complémentaire, 31,60% pour l'ensilage et 16,51% d'aliment concentré

Dans la catégorie 2, le fourrage vert est absent de la ration complète, contre 17,77% pour le pâturage, 25,28% pour les sous-produits de la céréaliculture, 35,39% pour l'ensilage, 6,02% d'aliment concentré et 15,54% d'aliment complémentaire.

Dans la catégorie 3, le fourrage vert est aussi absent de la ration complète, contre 10,55% pour le pâturage, 31,94% pour les sous-produits de la céréaliculture, 0% pour l'ensilage, 28,11% d'aliment concentré et 29,40% d'aliment complémentaire.

La part moyenne des fourrages (figure 20) dans la ration alimentaire des vaches laitières des exploitations de catégorie 1 est presque comparable (avec un taux de 64,78%) à la norme (de 65%) établie par l'**ITELV (2022)**. Alors que cette part moyenne en fourrages (établie chez les exploitations de catégorie 1) ne représente que 56,58% et 10,54% pour les vaches laitières des exploitations respectives de catégorie 2 et de catégorie 3.

- Ces disparités importantes soulignent une forte dépendance des catégories 2 et 3 envers les concentrés, compromettant l'autonomie alimentaire.
- Les faibles niveaux observés (notamment les 10,54%) indiquent une prédominance de l'alimentation intensive, limitant l'expression du potentiel génétique des races élevées.
- Une réorientation vers la production fourragère locale est nécessaire pour aligner l'ensemble des exploitations sur les normes techniques de l'**ITELV**.

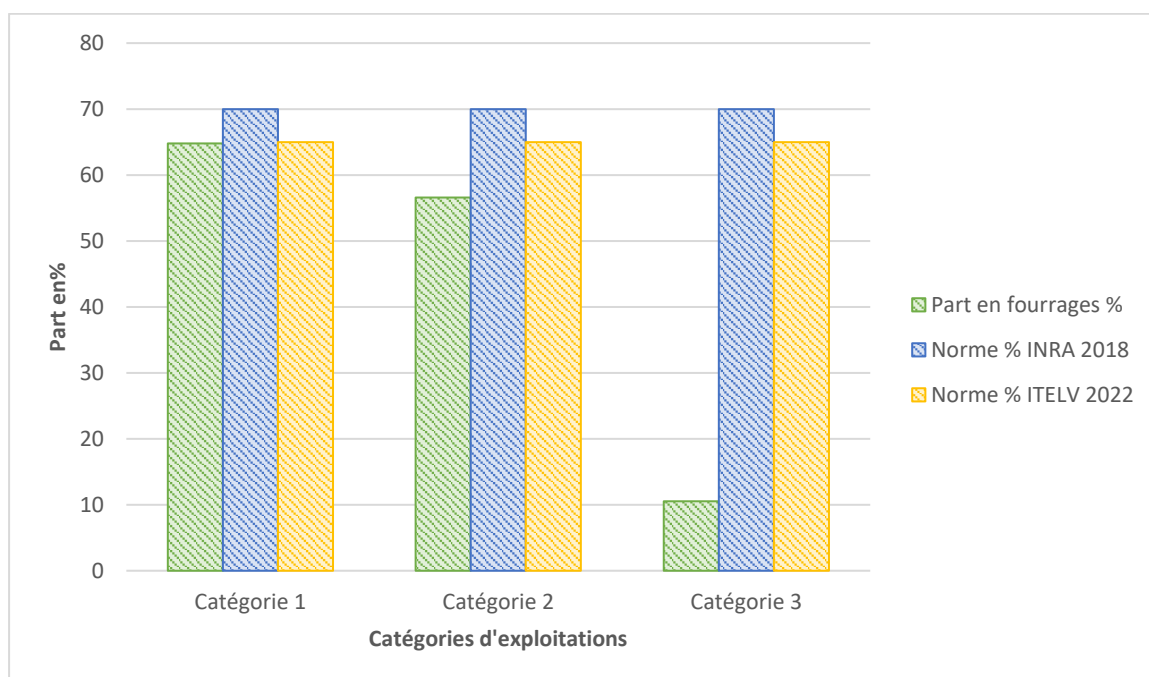


Figure 20 : Part des fourrages dans la ration par rapport aux normes alimentaires

La part des aliments céréaliers (figure 21) a donné un taux moyen de 18,43%, pour la ration alimentaire des vaches laitières de catégorie 1, est proche (20%) à celle de l'**INRA (2018)** et à celle de l'**ITELV (2022)**. Par contre pour les catégories 2 et 3, ce taux dépasse celui de l'**INRA (2018)** et de l'**ITELV (2022)** avec respectivement 26,9% et 60,05%.

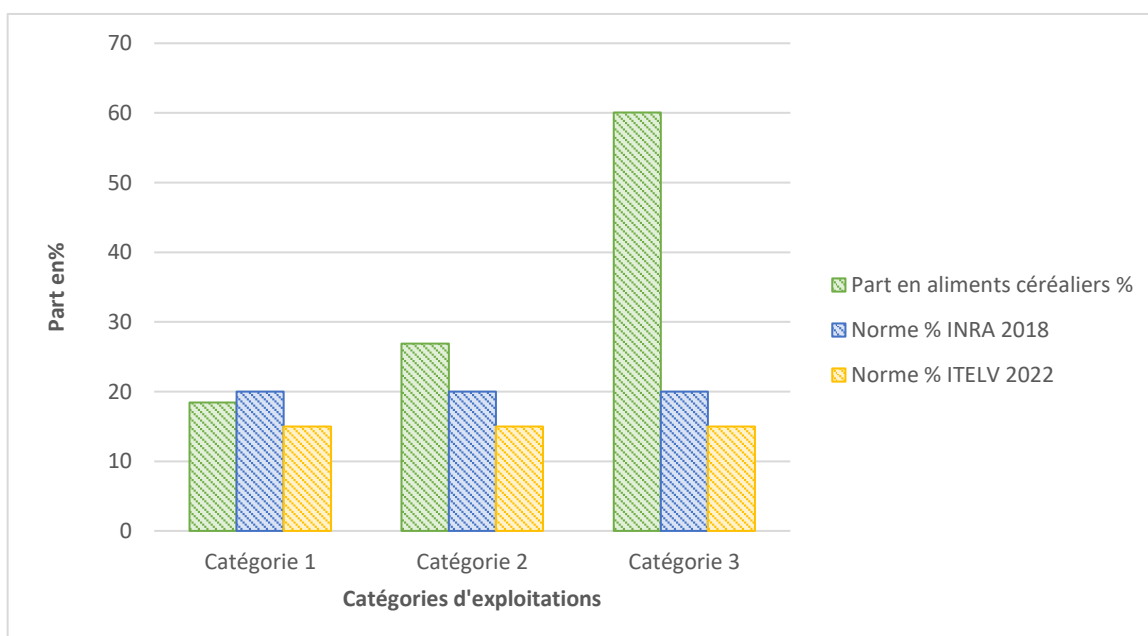


Figure 21 : Part des aliments céréaliers dans la ration par rapport aux normes alimentaires

La part des concentrés complémentaires des rations (figure 22), représente un taux moyen d'incorporation de 8,14% pour les vaches laitières de catégorie 1 contre 16,55% pour la catégorie 2 et 29,39 % pour la catégorie 3. Les normes recommandées par l'**ITELV (2022)** et l'**INRA (2018)** sont de l'ordre de 10%.

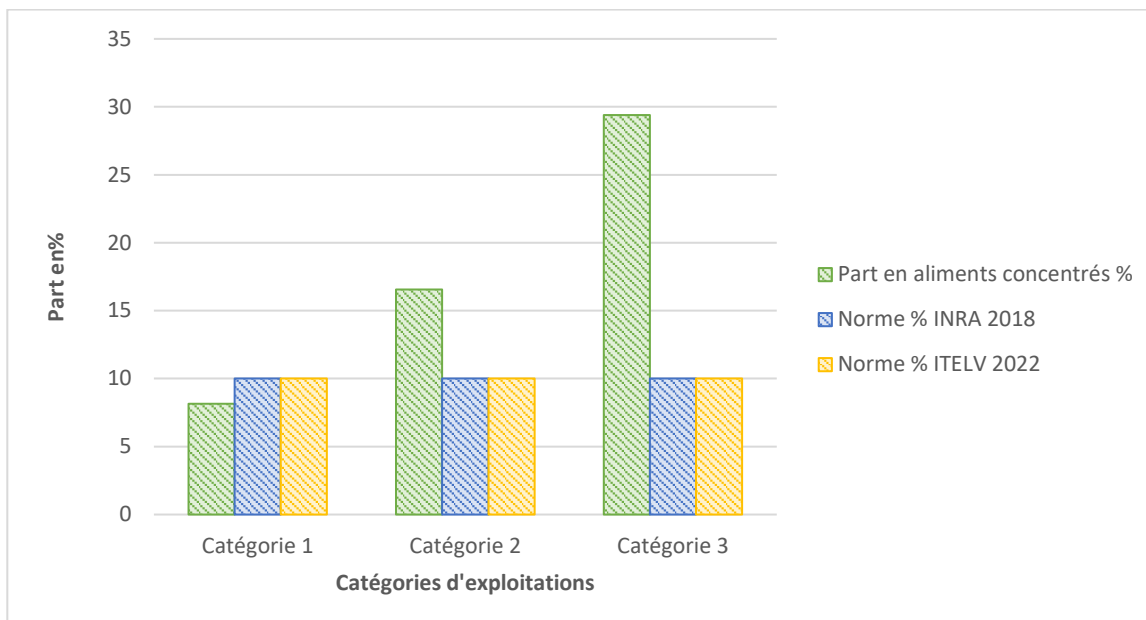


Figure 22 : Part des aliments concentrés dans la ration par rapport aux normes alimentaires

Trois systèmes d'alimentation dominants sont identifiés au niveau de la région d'étude (figure 23) :

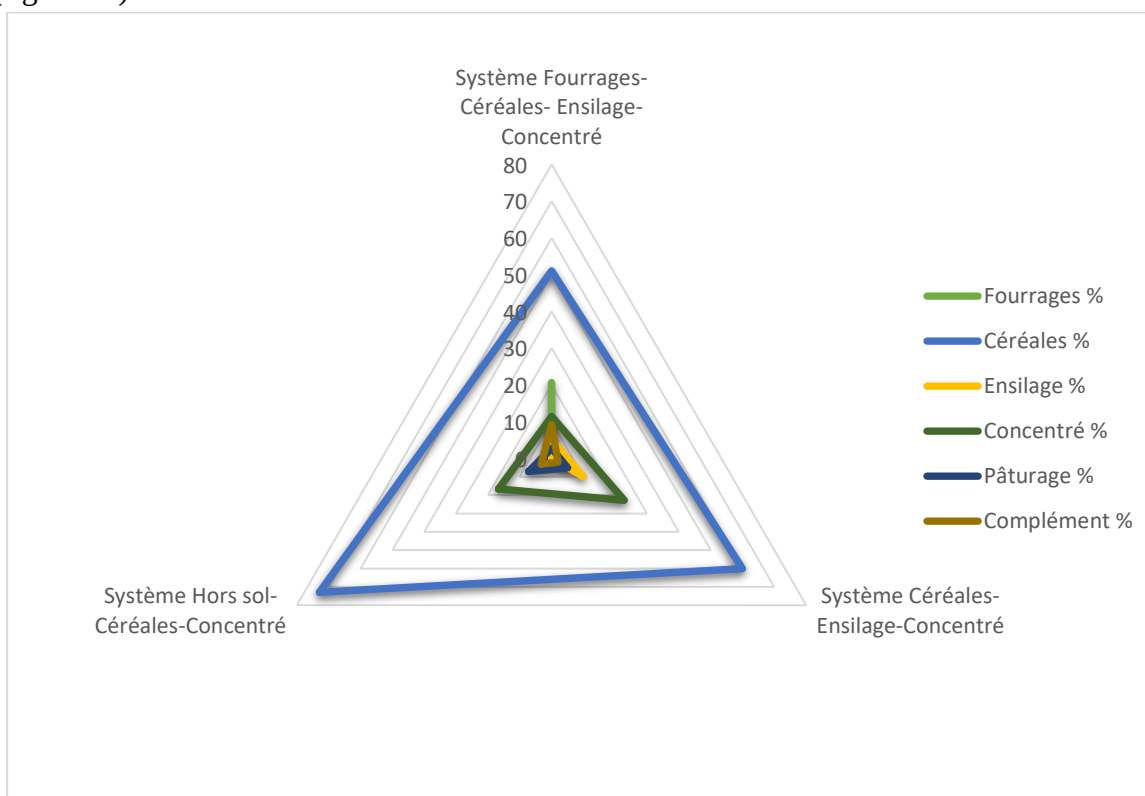


Figure 23 : Représentation graphique des systèmes alimentaires

Le système Fourrage-Céréales-Ensilage et Concentré : ce sont des élevages dont la surface fourragère est la plus importante, le nombre de vache est compris entre 30 et 160 vaches et la production laitière est la plus importante comprise entre 1705-1720 kgs et livrées quotidiennement au Groupe Industriel des Productions Laitières GIPLAIT. Ce système correspond à la catégorie 1.

Le système Céréales-Ensilage et Concentré : ce sont des exploitations dont la surface agricole utile est comprise entre 1,5 et 07 ha sans SAF et disposant de terres ayant une superficie moyenne exploitée en pâtures et en jachère. Le nombre de vache est compris entre 11 et 20 vaches et avec une production laitière moyenne comprise entre 275-282 kgs et livrées aussi quotidiennement au Groupe Industriel des Productions Laitières GIPLAIT. Ce système correspond à la catégorie 2.

Le système Hors sol-Céréales et Concentré : ce sont des fermes dont la surface agricole utile est comprise entre 0,5 et 01 ha sans SAF et sans prairies ou jachère. Le système hors sol est caractérisé par une superficie fourragère nulle, un nombre de vaches réduit compris entre 05 et 10, un apport fourrager nul, et une ration alimentaire composée à 72,93% de produits céréaliers et à de 16,66% de concentré. Ces exploitations assurent une production laitière moyenne journalière irrégulière comprise entre 125-127 kgs et qui est vendue, d'une part, quotidiennement à 75% au Groupe Industriel des Productions Laitières GIPLAIT et d'autre part à 25% vendue au détail, une manière de diversifier les revenus et de satisfaire aux besoins financiers continus de l'exploitation laitière. Ce système correspond à la catégorie 3.

Le système Fourrage-Céréales-Ensilage et Concentré est un mode d'alimentation qui est le plus performant pour la production laitière. Dans ce système, les résultats notamment en quantité de lait produit, sont plus élevés répondant aux exigences de l'ONIL (2023). Ces résultats restent en deçà des performances potentielles attendues des animaux et s'expliquent par diverses insuffisances.

1.6- Systèmes affouragement pratiqués

1.6.1 Étude selon la ration distribuée

Les plans d'alimentation annuels de chaque groupe d'exploitation choisie sont définis sur les tableaux 21, 22 et 23.

1.6.1.1- Catégorie 1

Du tableau 21, il a été déduit ce qui suit :

La moyenne obtenue pour la ration journalière sans aliment concentré est de 34,58 kg. Tandis que la moyenne de la ration journalière avec aliment concentré est de 41,42 kg. Le pourcentage de l'aliment concentré dans la ration (tourteau, maïs et l'orge en grain) est 16,51 %. L'aliment complémentaire (ONAB) représente 8,45 %. L'abreuvement journalier est de 63,75 kg. L'apport journalier en CMV est de 0,17 kg, avec 100g en Ca, 50g en P et 20 g en multivitamines.

Selon la fiche enquête établie pour les exploitations de catégorie 1, les apports journaliers moyens sont comme suit :

L'apport journalier moyen en fourrage vert (luzerne et orge en vert) est 5,71 kg, qui représente 13,79% de la ration journalière. Celui des produits céréaliers (paille et son de blé) avec 7,50 kg,

représente 18,11%, le pâturage avec 4,83 kg (pâturage libre avec de l'herbe vert des prairies ou pâturage rationné avec de l'herbe vert ou des résidus des récoltes collectés) représente 11,66%, l'ensilage (ensilage de maïs appelé aussi fourrage transformé) avec 13,04 kg représente 31,48%, l'aliment concentré (tourteau, maïs et l'orge en grain) avec 6,84 kg représente 16,51%. Enfin l'aliment complémentaire (Aliment ONAB à 21% MP et tourteau de soja) avec 3,5 kg représente un taux de 8,45%.

Tableau 21 : Plan alimentaire annuel de la catégorie 1

Catégorie 1															
Mois	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	août	Sept	Oct	Nov	déc	Moy Kg	E.MS Kg	CI en UEL
Paille de blé ou d'orge obtenue après battage (kgs)	7	7	7	7	5	5	5	5	5	5	5	6	5,75	5,42	9,49
Luzerne en vert (kgs)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00	3,97	3,97
Orge en vert (kgs)			3	3	2,5								0,71	0,11	0,11
Orge en grains concassés (Kgs)						3	3	2	2,5				0,88	0,76	0,80
Ensilage de maïs (kgs)	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	14	14	15	14	12	12,5	12,5	13,04	4,84	5,66
Maïs en grains	3,5	3,5	3,5	3,5	2,5	2	2	2	2	3	3	3	2,79	2,39	3,11
Son gros de blé (kgs)	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1,75	1,52	1,37
Tourteau de soja 38% MP (kgs)	4	4	4	3	3	2	2	2	3,5	3,5	3,5	3,5	3,17	2,91	2,76
Pâturage (libre et rationné) en kgs	6	6	6	5	5	4	3	3	4	4	5	5	4,83	1,04	1,04
Aliment complémentaire 21%MP/MS ONAB	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,50	3,20	2,56
Ration journalière brute (Moyenne en Kgs)	43,5	43,5	46,5	46,5	41	39,5	38,5	38,5	41,5	38	39,5	40,5	41,42	26,16	30,87
Abreuvement journalier (Moyenne en Kgs)	45	45	45	50	65	75	95	95	75	65	60	50	63,75		

Légende : Moy kg : Moyenne brute de l'aliment en kgs, E.MS kg : Equivalent de la matière sèche en kgs, CI en UEL : unité de quantification de la capacité d'ingestion de l'aliment.

1.6.1.2- Catégorie 2

Du tableau 22, il a été déduit ce qui suit :

La moyenne obtenue pour la ration journalière sans aliment concentré est de 37,88 kg. Tandis que la moyenne de la ration journalière avec aliment concentré est de 40,38 kg. Le pourcentage de l'aliment concentré dans la ration (orge en grain) est 6,19 %. L'aliment complémentaire (ONAB) représente 15,60 %. L'abreuvement journalier est de 57,92 kg. L'apport journalier en CMV est de 0,17 kg, avec 100g en Ca, 50g en P et 20 g en multivitamines.

Selon la fiche enquête établie pour les exploitations de catégorie 2, les apports journaliers moyens sont comme suit :

Une absence de l'apport journalier en fourrage vert. Celui des produits céréaliers (paille et son de blé) avec 10,50 kg, représente 26 %, le pâturage avec 7,38 kg (pâturage libre avec de l'herbe vert

des prairies ou pâturage rationné avec de l'herbe vert ou des résidus des récoltes collectés) représente 18,28 %, l'ensilage (ensilage de maïs appelé aussi fourrage transformé) avec 13,54 kg représente 33,53 %, l'aliment concentré (orge en grain) avec 2,5 kg représente 6,19 %. Enfin l'aliment complémentaire (Aliment ONAB à 21% MP) avec 6,46 kg représente un taux de 16 %.

Tableau 22 : Plan alimentaire annuel de la catégorie 2

Catégorie 2															
Mois	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy Kg	E.MS Kg	CI en UEL
Paille de blé ou d'orge obtenue après battage (kgs)	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,50	7,07	12,37
Son gros de blé (kgs)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	2,61	2,35
Orge en grains concassés (Kgs)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	2,17	2,28
Ensilage de maïs (kgs)	15,5	15,5	15,5	15,5	14,5	14,5	13,5	13,5	14	14	15	15,5	13,54	5,03	5,88
Pâturage (libre et rationné) en kgs	8	8	8	8	8	7	7	6	6	7	7,5	8	7,38	1,65	1,65
Aliment complémentaire 21%MP/MS ONAB	7	7	7	7	7	6	6	5,5	5,5	6	6,5	7	6,46	5,90	4,72
Ration journalière brute (Moyenne en Kgs)	43,5	43,5	43,5	43,5	42,5	0,5	39,5	38	38,5	40	42	43,5	40,38	24,43	29,25
Abreuvement journalier (Moyenne en Kgs)	40	40	45	50	55	65	75	80	75	65	55	50	57,92		

Légende : Moy kg : Moyenne brute de l'aliment en kgs, E.MS kg : Equivalent de la matière sèche en kgs, CI en UEL : unité de quantification de la capacité d'ingestion de l'aliment.

1.6.1.3- Catégorie 3

Du tableau 23, il a été déduit ce qui suit :

La moyenne obtenue pour la ration journalière sans aliment concentré est de 28,13 kg. Tandis que la moyenne de la ration journalière avec aliment concentré est de 39,13 kg. Le pourcentage de l'aliment concentré dans la ration (orge en grain) est 28,11 %. L'aliment complémentaire (ONAB) représente 29,39 %. L'abreuvement journalier est de 52,50 kg. L'apport journalier en CMV est de 0,17 kg, avec 100g en Ca, 50g en P et 20 g en multivitamines.

Selon la fiche enquête établie pour les exploitations de catégorie 3, les apports journaliers moyens sont comme suit :

Une absence de l'apport journalier en fourrage vert. Celui des produits céréaliers (paille et son de blé) avec 12,50 kg, représente 31,95 %, le pâturage avec 4,13 kg (pâturage libre avec de l'herbe vert des prairies ou pâturage rationné avec de l'herbe vert ou des résidus des récoltes collectés) représente 10,55 %, l'aliment concentré (orge en grain) avec 11 kg représente 28,11 %. Enfin l'aliment complémentaire (Aliment ONAB à 21% MP) avec 11,50 kg représente un taux de 29,39 %.

Tableau 23 : Plan alimentaire annuel de la catégorie 3

Catégorie 3															
Mois	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy kg	E.MS Kg	CI en UEL
Paille de blé ou d'orge obtenue après battage (kgs)	8	8	8	8	8	8	7	6	6	7	8	8	7,50	7,07	12,37
Son gros de blé (kgs)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00	4,35	3,92
Orge en grains concassés (kgs)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11,00	9,56	10,03
Pâturage (libre et rationné) en kgs	5	5	5	5	5	3,5	2,5	2,5	2,5	3,5	5	5	4,13	0,92	0,92
Aliment complémentaire 21% MP/MS ONAB	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	12,5	11,50	10,51	8,41
Ration journalière brute (Moyenne en Kgs)	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5	38	36	35	35	37	39,5	41,5	39,13	32,41	35,65
Abreuvement journalier (Moyenne en Kgs)	35	35	35	40	50	60	70	80	70	60	50	45	52,50		

Légende : Moy kg : Moyenne brute de l'aliment en kgs, E.MS kg : Equivalent de la matière sèche en kgs, CI en UEL : unité de quantification de la capacité d'ingestion de l'aliment.

1.6.2 Adéquation entre l'ingestion réelle et la ration distribuée chez la vache laitière

L'évaluation de l'ingestion par rapport à l'UEL des aliments a donné ce qui suit :

Pour la catégorie 1 :

La quantité ingérée estimée selon la capacité d'ingestion est de 21,25 UEL alors que sa détermination par la quantité d'aliments distribuée est de 30,87 UEL en conséquence 9,62 UEL (31,16 %) constitueraient une quantité non ingérée donc refusée équivalente à un gaspillage pour l'exploitation. L'encombrement de la ration détermine la quantité de matière volontairement ingérée (MSI) «référence ». Considérant que l'animal consomme en priorité le concentré et les aliments appétant, le refus concernerait donc les aliments à valeur d'encombrement élevée (paille) compte tenu de la composition de la ration.

Pour la catégorie 2 :

On observe une différence entre la capacité d'ingestion estimée 19.35 UEL et la ration distribuée 29.25 UEL, un écart de 9.2 UEL (31,45 %) ce qui est entraîne également un refus d'une partie de la ration ne sera pas consommée.

Pour la catégorie 3 :

La valeur d'encombrement de la ration distribuée est très élevée 35.65 UEL par rapport à la capacité d'ingestion 19.35UEL, cela montre encore que l'animal n'arrive pas à consommer toute la ration, pour un écart de 16.3UEL (31,45 %).

PS : Les trois catégories montrent un point commun, les rations distribuées présentent un

encombrement supérieur à la capacité réel d'ingestion engendrant un refus, un gaspillage d'aliments plus important chez la troisième.

Une ingestion insuffisante de matière sèche a des conséquences néfastes sur l'activité ruminale et la digestion des aliments, à répercussion directe sur la production et la qualité du lait. Selon les recommandations de l'**INRAE (2021)**, un aliment riche en nutriments fermentescibles à un certain taux stimule l'activité microbienne et la disponibilité de l'énergie nécessaire pour la prolifération des bactéries.

Il est essentiel d'équilibrer la ration en tenant compte de la capacité d'ingestion de la vache et de la valeur UEL de la ration. La valeur d'encombrement élevée des aliments induit une faible ingestion de MS avec une baisse de la digestibilité. La paille à forte valeur UEL (1.75), aliment commun aux 03 catégories associée à l'ensilage de maïs (catégorie 1 et 2) à encombrement moindre (1.17 UEL) pourraient baisser la valeur UEL de la ration et améliorer l'ingestion pour ces deux catégories. L'orge en grain non broyée est distribuée au niveau de la catégorie 3 par manque de matériel de broyage, ce qui peut avoir des conséquences sur le plan alimentaire et métabolique et être moins digestible pour les vaches laitières, (**IDELE, 2021**), ces enquêtes doivent répondre à trois objectifs :

Une valeur UEL de la ration bien établie permet d'optimiser la consommation alimentaire de la vache, en s'assurant qu'elle ingère réellement la quantité d'aliments nécessaire à ses besoins sans dépasser sa capacité maximale d'ingestion.

2- Compositions chimiques et valeurs alimentaires des aliments

Les résultats de l'analyse chimique des aliments figurent dans le tableau 24.

2.1- Paille

- Matière Sèche (MS) : 94.28%, très élevée, indiquant une faible teneur en eau qui serait due à des mauvaises conditions de récolte et de stockage.
- Matière Organique (MO) : 89.18%, Excellente proportion de matière organique.
- Fibres : 58.12%, Extrêmement riche en fibres.
- Cellulose Brute (CB) : 26.75%, Teneur très élevée en cellulose.
- Protéines Brutes (PB) : 3.2%, Teneur très faible en protéines.
- Matière Grasse Brute (MGB) : 1.23%, Très pauvre en matières grasses.
- Amidon : 0.75%, Teneur négligeable en amidon.
- Sucres Totaux (ST) : 1.1%, Très pauvre en sucres.
- Calcium (Ca) : 3.65%, Teneur exceptionnellement élevée en calcium.
- Phosphore (P) : 0.56%, Teneur modérée en phosphore.
- UFL/kg MS : 0.48, Valeur énergétique très faible.
- PDI g/kg MS : 50, Très faible en protéines digestibles.

Cet aliment « coproduit » est très sec, extrêmement riche en fibres et en calcium, mais très pauvre en éléments nutritifs (énergie, en protéines).

2.2- Luzerne en vert

- Matière Sèche (MS) : 79.30%, légèrement sèche
- Protéines Brutes (PB) : 26.70%, Riche en protéines.
- Matière Organique (MO) : 71.37%, Bonne teneur en matière organique.
- Cellulose Brute (CB) : 25.85%, riche en cellulose.
- Fibres : 18.15%, Teneur élevée en fibres.
- Matière Grasse Brute (MGB) : 2.87%, Teneur modérée en matières grasses.
- Amidon : 2.28%, Très faible teneur en amidon.
- Sucres Totaux (ST) : 3.05%, Teneur faible en sucres.
- Calcium (Ca) : 2.77%, Très riche en calcium.
- Phosphore (P) : 0.62%, Teneur modérée en phosphore.
- UFL/kg MS : 1.48, Bonne valeur énergétique.
- PDI g/kg MS : 92, Bonne teneur en protéines digestibles.

Un aliment protéique de qualité, avec une valeur énergétique élevée et une teneur en fibres et en calcium remarquable.

2.3- Orge en vert

- Matière Sèche (MS) : 15.44%, humide,
- Protéines Brutes (PB) : 13.80%, Teneur important en protéines pour un aliment humide.
- Cellulose Brute (CB) : 22.78%, Riche en cellulose.
- Matière Organique (MO) : 12.38%, Faible en matière organique (dû à la forte humidité).
- Fibres : 17.70%, Teneur élevée en fibres.
- Phosphore (P) : 1.05%, riche en phosphore.
- Sucres Totaux (ST) : 4.10%, Teneur modérée en sucres.
- Amidon : 3.1%, Faible teneur en amidon.
- UFL/kg MS : 0.53, Valeur énergétique faible.
- Matière Grasse Brute (MGB) : 0.28%, Très pauvre en matières grasses.
- Calcium (Ca) : 0.3%, Faible teneur en calcium.
- PDI g/kg MS : 63, Teneur modérée en protéines digestibles.

Cet aliment est caractéristique d'un aliment humide, avec une bonne teneur en protéines et phosphore, mais une faible valeur énergétique.

2.4- Orge en grain concassé

- Matière Sèche (MS) : 86.88%, Très sec.
- Amidon : 51.88%, riche en amidon, c'est un aliment énergétique.
- Matière Organique (MO) : 79.27%, Bonne teneur en matière organique.
- Fibres : 17.65%, Teneur modérée en fibres.
- Protéines Brutes (PB) : 9.78%, Teneur modérée en protéines.
- Phosphore (P) : 2.78%, Extrêmement riche en phosphore.
- Sucres Totaux (ST) : 1.98%, Faible teneur en sucres.
- Matière Grasse Brute (MGB) : 1.46%, Pauvre en matières grasses.

- Cellulose Brute (CB) : 4.58%, Faible teneur en cellulose.
- Calcium (Ca) : 0.65%, Teneur faible en calcium.
- UFL/kg MS : 0.97, Bonne valeur énergétique.
- PDI g/kg MS : 78, Teneur correcte en protéines digestibles.

Aliment énergétique typique (céréale), riche en amidon et en phosphore, avec une bonne valeur énergétique.

2.5- Ensilage de maïs

- Matière Sèche (MS) : 37.12%, Assez humide.
- Fibres : 42.68%, riche en fibres.
- Cellulose Brute (CB) : 19.75%, Teneur élevée en cellulose.
- Amidon : 29.75%, Riche en amidon.
- Sucres Totaux (ST) : 15.10%, Très riche en sucres.
- Matière Organique (MO) : 30.82%, Teneur moyenne en matière organique.
- Protéines Brutes (PB) : 7.85%, Teneur modérée en protéines.
- Calcium (Ca) : 1.88%, Riche en calcium.
- Phosphore (P) : 1.67%, Riche en phosphore.
- Matière Grasse Brute (MGB) : 3.12%, Teneur modérée en matières grasses.
- UFL/kg MS : 0.94, Bonne valeur énergétique.
- PDI g/kg MS : 102, Très bonne teneur en protéines digestibles.

Un aliment combinant une haute teneur en fibres, en amidon et en sucres. Il offre une bonne énergie et d'excellentes protéines digestibles.

2.6- Maïs en grain

- Matière Sèche (MS) : 85.75%, sec.
- Amidon : 62.78%, Extrêmement riche en amidon.
- Matière Organique (MO) : 79.89%, Excellente matière organique.
- Sucres Totaux (ST) : 1.72%, Très pauvre en sucres.
- Fibres : 10.48%, Teneur faible en fibres.
- Matière Grasse Brute (MGB) : 3.54%, Teneur modérée en matières grasses.
- Protéines Brutes (PB) : 7.56%, Teneur modérée en protéines.
- Phosphore (P) : 2.43%, riche en phosphore.
- Cellulose Brute (CB) : 2.15%, Très faible teneur en cellulose.
- Calcium (Ca) : 0.43%, Faible teneur en calcium.
- UFL/kg MS : 1.11, Haute valeur énergétique.
- PDI g/kg MS : 82, Bonne teneur en protéines digestibles.

Un aliment « céréale » énergétique de haute qualité, due à son amidon.

2.7- Son gros de blé

- Matière Sèche (MS) : 87.02%, Très sec.
- Fibres : 38.65%, riche en fibres.
- Amidon : 20.12%, Teneur modérée en amidon.

- Matière Organique (MO) : 78.12%, Bonne matière organique.
- Protéines Brutes (PB) : 13.72%, Bonne teneur en protéines.
- Phosphore (P) : 5.23%, Teneur exceptionnellement élevée en phosphore.
- Sucres Totaux (ST) : 6.08%, Teneur modérée en sucres.
- Cellulose Brute (CB) : 9.1%, Teneur modérée en cellulose.
- Matière Grasse Brute (MGB) : 3.78%, Teneur modérée en matières grasses.
- Calcium (Ca) : 1.18%, Bonne teneur en calcium.
- UFL/kg MS : 0.8, Valeur énergétique modérée.
- PDI g/kg MS : 74, Teneur importante en protéines digestibles.

Un aliment « sous produits », riche en fibres et en protéines, avec une teneur en phosphore élevée.

2.8- Tourteau de soja

- Matière Sèche (MS) : 91.80%, Très sec.
- Protéines Brutes (PB) : 43.2%, Extrêmement riche en protéines.
- Matière Organique (MO) : 80.18%, Bonne matière organique.
- Matière Grasse Brute (MGB) : 8.75%, Riche en matières grasses.
- PDI g/kg MS : 128, Très haute teneur en protéines digestibles.
- Phosphore (P) : 5.75%, Extrêmement riche en phosphore.
- UFL/kg MS : 1.27, Haute valeur énergétique.
- Sucres Totaux (ST) : 8.34%, Riche en sucres.
- Calcium (Ca) : 3.12%, Très riche en calcium.
- Fibres : 12.45%, Teneur modérée en fibres.
- Cellulose Brute (CB) : 5.78%, Faible teneur en cellulose.
- Amidon : 4.28%, Faible teneur en amidon.

Un aliment protéique de haute qualité, riche en graisses, en énergie et en minéraux.

2.9- Pâturage

- Matière Sèche (MS) : 22.35%, Très humide.
- Fibres : 63.6%, Extrêmement riche en fibres.
- Cellulose Brute (CB) : 33.5%, Teneur élevée en cellulose.
- Matière Organique (MO) : 18.35%, Faible (dû à l'humidité).
- Protéines Brutes (PB) : 15.32%, Bonne teneur en protéines pour un fourrage.
- Sucres Totaux (ST) : 8.20%, Riche en sucres.
- Calcium (Ca) : 1.85%, Riche en calcium.
- Phosphore (P) : 0.78%, Teneur modérée en phosphore.
- Amidon : 0.88%, Teneur négligeable en amidon.
- Matière Grasse Brute (MGB) : 0.19%, Très pauvre en matières grasses.
- UFL/kg MS : 0.66, Valeur énergétique faible.
- PDI g/kg MS : 56, Faible en protéines digestibles.

Un aliment humide et fibreux, avec une bonne teneur en protéines brutes mais une faible valeur énergétique.

2.10- Aliment ONAB

- Matière Sèche (MS) : 91.38%, Très sec.
 - Matière Organique (MO) : 86.42%, Excellente matière organique.
 - Cellulose Brute (CB) : 26.34%, Très riche en cellulose.
 - Protéines Brutes (PB) : 20.48%, Riche en protéines.
 - Sucres Totaux (ST) : 9.48%, Riche en sucres.
 - Matière Grasse Brute (MGB) : 5.75%, Bonne teneur en matières grasses.
 - Amidon : 12.05%, Teneur modérée en amidon.
 - Fibres : 7.87% teneur faible en fibre
 - . UFL /Kg MS : 1.03 % bonne valeur énergétique
 - . PDI g/kg ms : 98 très bonnes teneurs en protéine digestibles
 - . Calcium : 1.35% bonne teneur en calcium
 - . Phosphore : 0.52 % teneur modérée en phosphore
- Un aliment bien équilibré.

La confrontation de nos résultats avec les tables de **Sauvant et al. (2004)**, ainsi qu'avec les données de la Station Fédérale de Recherches sur la Production Animale (SFRPA), Grangeneuve, Posieux, Suisse (des travaux de **Daccord et Jans, 1992**), démontre une conformité globale des analyses des aliments distribués. Toutefois, les écarts de valeurs observés s'expliquent par la variabilité intrinsèque des fourrages, influencée par des facteurs agronomiques et techniques tels que la nature pédologique du sol (type de sol), le stade végétatif et la période de récolte, ou encore les conditions de stockage post-récolte. Cette conformation globale, tout en validant les grandes tendances des tables de référence, renforce l'importance cruciale de l'analyse fourragère spécifique à chaque exploitation. En effet, les tables de **Sauvant et al. (2004)** et les données de la **SFRPA**, bien que complètes, fournissent des valeurs moyennes représentatives de larges zones géographiques ou de conditions idéales. Nos résultats démontrent ainsi la pertinence de l'analyse détaillée des aliments distribués pour une optimisation fine des rations, permettant de compenser ces variations et d'ajuster précisément les apports nutritionnels aux besoins réels des animaux, améliorant ainsi la performance et l'efficacité économique de l'élevage.

A travers les résultats enregistrés, nous pouvons classer les aliments en trois catégories :

- Aliments à haute valeur énergétique et protéique :

Les concentrés qui sont représentés par l'orge en grain, le maïs en grains et le tourteau de soja sont d'une part énergétiques avec des valeurs respectives de 0,97, 1,11 et 1,27 UFL/kg de MS et d'autre part, assurent un apport en matières azotées avec des valeurs PDI respectives de 78g, 82g et de 128g/kg de MS.

L'aliment complémentaire (ONAB) renferme de l'amidon (12,05%), de la CB (26,34%), en Fibres (7,87%) et en MGB (5,75%). En protéines brutes (20,48%). La formulation de l'aliment complémentaire constitue un complément énergétique et azoté (1,03 UFL/kg MS et de 98 g de

PDI/kg MS).

- Aliments à moyenne valeur :

Les fourrages verts (luzerne et orge) présentent une différence de leur richesse en énergie et en protéines brutes. La luzerne renferme 1,48 UFL/kg et 92 g de PDI/kg MS) alors que l'orge contient seulement 0,53 UFL/kg de MS et 63 g en PDI/kg. L'ensilage de maïs contient 0,94 UFL/kg MS et 102 g en PDI/kg MS). L'aliment de pâturage enregistre 0,66 UFL/kg MS et 56 g PDI/kg MS.

Les teneurs en matière sèche des fourrages verts varient entre 15,44 et 79,30 % et évoluent en fonction du stade de développement des plantes fourragères (la luzerne déshydratée et l'orge consommés en vert). L'augmentation de la teneur de la MS des fourrages verts est due principalement aux conditions de fanage (Sauvant, 2004). Les teneurs en matière organique, sont comprises entre 12,38% (orge vert) et 71,37% (luzerne déshydratée), valeurs comparables à celles annoncées par **Araba (2006)** ; **Boukhecham et al. (2019)** et **Khelili (2012)**.

Les apports en PB des fourrages verts (luzerne déshydratée et orge en vert) se situent entre 13,80 et 26,70%. Hormis la teneur en PB des ensilages (7,85%) qui est dans la fourchette annoncée par **Thewis et al. 2005** et **Merdjane et Yekhlief, 2016** (6,98 à 9,32%). Cette fluctuation est due surtout à la croissance rapide de la végétation et à la longueur de la période sèche permettant cette fluctuation en protéines de ces fourrages verts (**Bauman et al, 2011** ; **Wolter, 1997** ; **Sycheva et Pastukhov, 2023**), indiquent que la matière azotée est souvent considérée comme un facteur déterminant de l'appétibilité du fourrage ; son abondance dans les plantes jeunes et dans les parties les plus digestibles (feuilles) déterminent leur incorporation dans la formulation des rations.

Les teneurs en CB des aliments verts varient entre 2,15 et 33,5%. La valeur la plus élevée est attribuée à l'herbe en vert (du pâturage) caractérisé aussi par une disponibilité des fibres à 63,6% considérées comme source principale d'énergie pour la flore microbienne du rumen et pour la couverture des besoins d'entretien (**Zirmi-Zembri et Kadi, 2016**).

Par rapport au stade de récolte, les valeurs de la CB des fourrages verts (luzerne et orge en vert) sont comparables à celles recommandées par **INRA (2010)** et **INRAE (2021)** correspondant à des stades précoces de croissance, riches en énergie et protéines, avant la montaison, où la part des parois digestibles (NDF) reste élevée, assurant une bonne efficacité ruminale.

L'ensemble de fourrages ont présenté des teneurs en Ca et en P plus ou moins proches avec des différences minimales par rapport aux normes **INRAE (2021)**. Ces différences seraient dues à la nature du sol et à la diminution de l'absorption minérale de la plante causée par le stress hydrique qui a sévi durant la période de l'étude et les conditions climatiques sévères avec une faible pluviométrie qui s'est répercutée sur le développement des plantes fourragères. Ce constat a été déjà établi par **Boukhechem et al. (2019)** ; **Darej et al. (2010)** ; **Kadi et al. (2007)**.

- Aliments à faible valeur :

Les produits céréaliers qui composent en majorité la ration et qui sont représentés par la paille de blé et le son gros de blé dur présentent des valeurs en énergie et en matières azotées variables (0,48 à 0,8 UFL/kg MS et 50 à 74 g de PDI/ kg MS).

Tableau 24 : Composition chimique des aliments distribués durant l'année 2022-2023.

Aliment	MSB %	MO %	PB %	CB %	MGB %	Fibres %	Amidon %	ST %	Ca %	P %	UFL/kg MS	PDI g/kgMS
Paille	94,28	89,18	3,2	26,75	1,23	58,12	0,75	1,1	3,65	0,56	0,48	50
Luzerne en vert	79,30	71,37	26,70	25,85	2,87	18,15	2,28	3,05	2,77	0,62	1,48	92
Orge vert	15,44	12,38	13,80	22,78	0,28	17,70	3,1	4,10	0,3	1,05	0,53	63
Orge en grains concassés	86,88	79,27	9,78	4,58	1,46	17,65	51,88	1,98	0,65	2,78	0,97	78
Ensilage de maïs	37,12	30,82	7,85	19,75	3,12	42,68	29,75	15,10	1,88	1,67	0,94	102
Maïs en grains	85,75	79,89	7,56	2,15	3,54	10,48	62,78	1,72	0,43	2,43	1,11	82
Son gros de blé	87,02	78,12	13,72	9,1	3,78	38,65	20,12	6,08	1,18	5,23	0,8	74
Tourteau de soja	91,80	80,18	43,2	5,78	8,75	12,45	4,28	8,34	3,12	5,75	1,27	128
Pâturage	22,35	18,35	15,32	33,5	0,19	63,6	0,88	8,20	1,85	0,78	0,66	56
Aliment ONAB	91,38	86,42	20,48	26,34	5,75	7,87	12,05	9,48	1,35	0,52	1,03	98

M.S : Matière Sèche, M.O : Matière Organique, P.B : Protéines Brutes, M.G.B : Matière Grasse Brute, C.B : Cellulose Brute et ST : sucres totaux. UFL/kg de MS déterminés par logiciel du FT/NIR.

3. Valeur alimentaire de la ration, besoins des animaux et écarts

3.1 MSI et apport nutritionnelle de la ration

3.1.1 Matière Sèche Ingérée

La quantité de MSI varie selon les catégories comme l'indique le tableau 25.

C1 : présente la MSI totale la plus élevée (29.84 kg), dont la proportion de MSI g/kg MS de ration est de 72 %, avec contribution importante des fourrages verts.

C2 : cette catégorie présente une MSI est inférieure à celle de la C1 (25.40 kg) avec une proportion de 61 % de MSI de la ration, avec absence totale de la distribution du fourrage vert.

C3 : la diminution de MSI est égale 22.34 kg, Cette catégorie enregistre une déficience en ingestion de la ration alimentaire avec seulement 570 g de MSI/ kg soit seulement 57%. La distribution du fourrage vert est absente.

C1 et C2 enregistrent des taux de transformation de la MSI des aliments en lait de 72 % et 61 % respectivement, supérieurs aux recommandations minimales de L'INRAE (2021) établis à 60 %. C3 est en deça des minima (57 %).

Tableau 25 : MSI des aliments et de la ration par catégorie

Catégories							
	MSI g/kg Fourrage vert	MSI g/kg Concentré	MSI g/kg Produits céréaliers	MSI g/kg Ensilage	MSI g/kg Pâturage	MSI g/kg Aliment complémentaire	MSI g/ kg d'aliment
C1	715	886	925	371	225	914	720
C2	0	868	922	372	224	913	610
C3	0	870	914	0	222	913	570

Comparant nos résultats avec ceux de **Decruyenaere et al. (2009)**, **Decruyenaere et al. (2012)**, les valeurs de la MSI, sont donc compatibles avec les quantités de la ration signalées par ces auteurs. Selon la figure 24, les valeurs obtenues sont hautement corrélées entre elles avec un coefficient de corrélation R2 de 0,9931 pour la catégorie 1, de 0,85 pour la catégorie 2 et 0,74 pour la catégorie-3. Les MSI sont variables eu égard aux quantités et à la qualité des rations distribuées sur des périodes de lactation chez des vaches laitières de même poids vif (29,84 Kg de MSI pour C1, -25,40-kg de MSI pour C 2 et 22,34 kg de MSI pour C 3).

Tenant compte des valeurs alimentaires de l'INRAE (2021), la MSI des rations distribuées des 03 catégories est excessive par rapport à la capacité d'encombrement se traduisant par un refus d'une partie de la ration. Les aliments de la ration ne sont pas tous complètement ingérés et ne contribuent pas à la satisfaction des besoins de l'animal. Cela engendre une diminution de l'efficacité alimentaire et représente une perte économique.

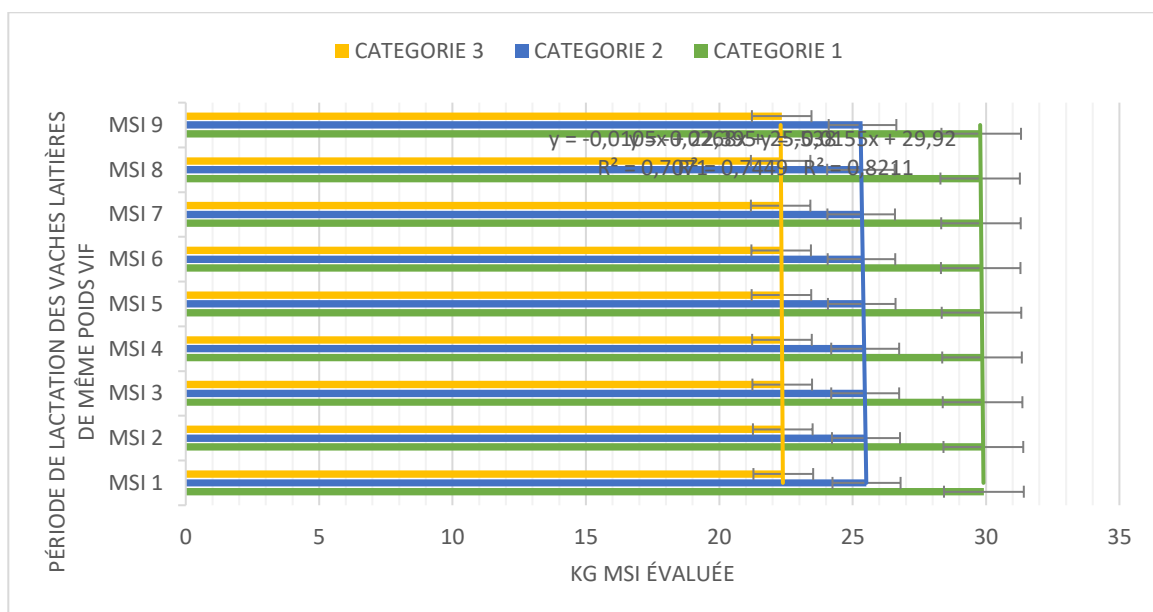


Figure 24 : Comparaison des valeurs de MSI (évaluées à partir des résultats du FTNIR)

3.1.2 Energie

Le tableau 26 illustre les valeurs énergétiques des aliments par kg de MS et l'apport global de la ration en UFL pour les trois catégories d'exploitations. Ce tableau indique des apports en UFL de 16,21, 11,93 et 10,57 respectivement pour la catégorie 1, 2 et 3.

C1 : fournit une ration la plus énergétique car riche en fourrage vert.

C2 et C3 : engendrent des apports énergétiques inférieurs respectivement 11,93 et 10,57 UFL, qui traduisent une ration pauvre en énergie avec une absence de fourrage en vert.

Tableau 26 : Valeur UFL des aliments et des rations des trois catégories

Catégories des Exploitations	Aliments						Apport en UFL de la ration distribuée (MSI ingérée)
	UFL/kg Fourrage vert	UFL/kg Concentré	UFL/kg Produits céréaliers	UFL/kg Ensilage	UFL/kg Pâturage	UFL/ kg Aliment complémentaire	
C1	1.04	1.03	0.51	0.35	0.15	0.94	16,21
C2	0	0.84	0.52	0.35	0.15	0.94	11.93
C3	0	0.84	0.55	0	0.15	0.94	10.57

Selon la Figure 25, l'apport énergétique de la ration distribuée de la catégorie 1 est stable au cours de l'année avec en moyenne 16,21 UFL pour un besoin journalier de 13,34 UFL estimé qui aurait permis une production journalière moyenne par vache de 21,84 kgs, alors qu'elle pouvait atteindre 29 kgs soit une perte en production de 24,69%. Cette observation confirme l'hypothèse d'une MSI surévaluée et justifie le refus énoncé au niveau de la MSI en dépit l'incorporation d'ensilage et de fourrage en vert.

Dans la catégorie 2, le même constat peut être fait : 11,93 UFL auraient été permises par la MSI distribuée, un besoin de 11,94 UFL et une production observée de 18,44 kg et une production permise par la MSI distribué de 28,43 kgs. Dans cette catégorie les pertes de lait seraient de 35,14 %. A l'inverse à la C1, la valeur UFL distribuée est comparable à la valeur UFL des besoins avec néanmoins une production obtenue inférieure à la production attendue de la MSI distribuée ce qui indiquerait que la ration est inadéquate avec absence de fourrage en vert.

En ce qui concerne la catégorie 3, les mêmes observations peuvent être faites : 10,57 UFL auraient été permises par la MSI distribuée, un besoin de 11,68 UFL et une production observée de 17,85 kgs et une production permise par la MSI distribué de 27,81 kgs. Dans cette catégorie les pertes de lait seraient de 35,81% %. La valeur UFL distribuée présente un déficit des apports par rapport au besoin de 1,11 UFL avec néanmoins une production obtenue inférieure à la production attendue de la MSI distribuée ce qui indiquerait que la ration est également inadéquate avec un régime dépourvu de fourrage en vert et d'ensilage.

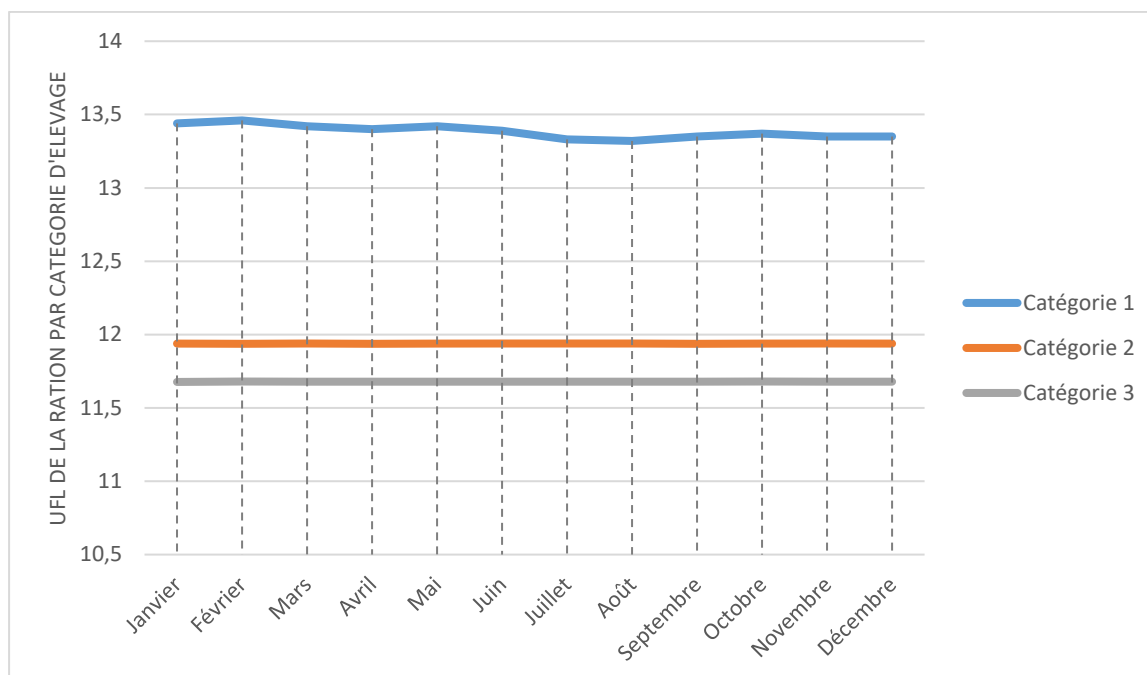


Figure 25 : L'énergie permise par la ration.

3.1.3 Protéines

Le tableau 27 présente la moyenne des PDI en grammes par kg de chacun des aliments et des rations distribuées par catégorie.

C1 : L'exploitation distribue une ration contenant 1662 g de PDI engendrés par les fourrages, le concentré, les produits céréaliers, l'ensilage et le concentré commercial.

C2 : Les rations distribuées apportent une quantité en PDI de 1410 g composées de concentré, de produits céréaliers, d'ensilage et de concentré commercial mais dépourvues de fourrage vert.

C3 : La ration apporte 1290 g de PDI et incluant du concentré, des produits céréaliers et du concentré commercial mais n'incluant ni fourrage en vert ni ensilage.

La ration de la C1 apporte la quantité la plus élevée en PDI suivie par celle de la C2 suivie elle-même par C3.

Le rapport PDI/UFL des trois catégories : C1 (122g), C2 (118 g) et C3 (122g) indiquent des valeurs supérieures aux normes 100 requises par l'**INRA (2018)**. De cette situation découle un excès de protéines dans la ration des trois catégories avec des conséquences métaboliques, économiques et environnementales.

Tableau 27 : PDI des aliments et des rations par catégorie

Catégories des Exploitations	PDI g/kg						PDI g/ kg d'aliment Complémentaire	PDI de la ration distribuée
	Fourrages	Concentré	Produits céréaliers	Ensilage	Pâturage			
C1	65	92	51	38	12.5		90	1662
C2	0	68	52	38	12.5		90	1410
C3	0	68	54	0	12.5		90	1290

3.1.4 Minéraux

3.1.4.1 Calcium

Les concentrations par kg de MS et les apports en Ca par catégorie figurent dans le tableau 28

C1 : La ration apporte 122,32 g de Ca fournis par l'ensemble des aliments et de l'abreuvement.

C2 : La ration apporte 108,32 g de Ca fournis par l'ensemble des aliments et de l'abreuvement

C3 : La ration apporte 105,65 g de Ca fournis par l'ensemble des aliments et de l'abreuvement

La ration de la C1 apporte la quantité la plus élevée en Ca suivie par celle de la C2 suivie elle-même par C3.

Tableau 28 : Apport en Ca des aliments par kg et de la ration par catégorie.

Catégories des Exploitations								
	Ca g/kg Fourrages	Ca g/kg Concentré	Ca g/kg Produits céréaliers	Ca g/kg Ensilage	Ca g/kg Pâturage	Ca g/ kg d'aliment Complémentaire	Ca g/ Kg eau (abreuvement)	Ca (g) de la ration distribuée
C1	2.7	1.75	3.1	1.9	1.85	1.35	1.00	122.32
C2	0	0.65	2.98	1.67	1.85	1.35	1,00	108.32
C3	0	0.65	2.5	0	1.85	1.35	1.00	105.65

3.1.4.2 Phosphore

Les concentrations par kg de MS et les apports des rations en P par catégorie figurent dans le tableau 29

C1 : La ration apporte 80,52 g de P fournis par l'ensemble des aliments et de l'abreuvement.

C2 : La ration apporte 79,43 g de P fournis par l'ensemble des aliments et de l'abreuvement.

C3 : La ration apporte 85.72 g de P fournis par l'ensemble des aliments et de l'abreuvement.

La ration de la C3 procure la quantité la plus élevée en P suivie par celle de la C1 suivie elle-même par C2.

Tableau 29 : Apports en P des aliments et de la ration par catégorie

Catégories des Exploitations								
	P g/kg Fourrages	P g/kg Concentré	P g/kg Produits céréaliers	P g/kg Ensilage	P g/kg Pâturage	P g/ kg d'aliment Complémentaire	P g/ Kg eau (abreuvement)	P (g) de la ration
C1	0.63	4.06	1.58	1.67	0.78	0.52	0.5	80.52
C2	0	2.78	1.82	1.67	0.78	0.52	0.5	79.43
C3	0	2.78	2.15	0	0.78	0.52	0.5	85.72

Il existe des variations en ce qui concerne les teneurs en Ca et le P de certains aliments (concentré et produits céréaliers). Ces teneurs sont décroissantes de la C1 à C3 pour le Ca et croissantes de C3 à C1 pour le P (produits céréaliers) et décroissantes de C1 à C3 pour le concentré. Les différences seraient induites par la qualité des échantillons et/ou les artefacts dans les analyses.

3.2 Évaluation des besoins par catégorie

Le tableau 30 présente les besoins des trois catégories d'exploitations.

C1 :

Pour un poids moyen de 606 kg et une production laitière théorique de 29,00 kg/j, les besoins sont de 13.34 UFL, 1320 g de PDI, 101.92 g de Ca et 60.03 g de P par jour et par vache.

C2 :

Pour un poids moyen de 590 kg et une production laitière théorique de 28.43 kg/j, les besoins sont de 11.94 UFL, 1169 g de PDI, 90.72 g de Ca et 54.21 g de P par jour et par vache.

C3 :

Pour un poids moyen de 584 kg et une production laitière théorique de 27.81 kg/j, les besoins sont de 11.68 UFL, 1141 g de PDI, 88.59 g de Ca et 53.06 g de P par jour et par vache.

3.3 Comparaison des apports et des besoins et conséquences sur la production

Le tableau 30 présente les écarts entre les besoins et les apports des trois catégories.

C1 : La ration distribuée pour les vaches de cette catégorie enregistre un excès de 2.87 UFL, 342 g de PDI, 20,4 g de Ca, 20.49 g de P induisant une baisse de la production réelle de lait par rapport permise par la ration ingérée et équivalent à 24,69 %.

C2 : La ration distribuée pour les vaches de cette catégorie engendre un déficit minime de 0.01 UFL, et des excès de 241 g de PDI, 17,6 g de Ca et 25,22 g de P induisant une baisse de la production réelle de lait par rapport permise par la ration ingérée et équivalent à 35,14 % .

C3 : La ration distribuée pour les vaches de cette catégorie se traduit par un déficit de 1.11 UFL, et des excès de 149 g de PDI, 17,06 g de Ca et 32,66 g de P induisant une baisse de la production réelle de lait par rapport permise par la ration ingérée et équivalent à 35,81%.

Tableau 30 : État comparatif entre les besoins et les apports de la ration par catégorie

Besoins des V.L/ Cat D'exploitations					
	UFL/VL/j	PDI/VL/j	Ca/VL/j	P/VL/j	PLT /VL/j
C1	13.34	1320	101.92	60.03	29.00
C2	11.94	1169	90.72	54.21	28.43
C3	11.68	1141	88.59	53.06	27.81
Apport de la ration	UFL/VL/j	PDI/VL/j	Ca/VL/j	P/VL/j	PLMR/VL/j
C1	<u>16.21</u>	<u>1662</u>	<u>122.32</u>	<u>80.52</u>	<u>21.84</u>
C2	<u>11.93</u>	<u>1410</u>	<u>108.32</u>	<u>79.43</u>	<u>18.44</u>
C3	<u>10.57</u>	<u>1290</u>	<u>105.65</u>	<u>85.72</u>	<u>17.85</u>
Ecart	UFL/V L/j	PDI/V L/j	Ca/VL/j	P/VL/j	PLMR/VL/j
C1	+2.87	+342	+20.4	+20.49	-7.16
C2	-0.01	+241	+17.6	+25.22	-9.99
C3	-1.11	+149	+17.06	+32.66	-9.96

Les besoins sont établis comme suit : C1 : PV, 606 kgs, C2 : PV, 590 kgs, C3 : PV, 584 kgs ; 0,38 UFL /1 kg de lait, MG 3- 3,5%.
Légende : PLMR : Production Laitière Moyenne Réelle, PLT : Production Laitière Théorique

4. Abreuvement des vaches laitières en production :

Le volume d'eau consommée est estimé à 63.75, 57.92 et 52.50 litres en moyenne par vache et par jour respectivement pour C1, C2 et C3 comme indiqué dans les tableaux 21, 22 et 23. A travers ces résultats, nous constatons une baisse du volume d'eau consommé progressive de la C1 à C3. Cette baisse est similaire à celle constatée au niveau de la MSI. On en déduit que le volume d'eau bue est en relation avec la quantité de MSI. Cette hypothèse est corroborée avec les travaux **Boudon et al. (2013)**. Les vaches laitières sont abreuvées en eau potable en majorité 97.85% des cas de puits dédiés et 2,15% à partir du réseau urbain. L'abreuvement se fait à 86,72 % avec des abreuvoirs collectifs, 12,25 % avec des abreuvoirs individuels automatiques et 1,03% abreuvent leur cheptel à deux reprises matin et après midi dans des bassins extérieurs.

5- Efficacité alimentaire

5.1- Efficacité de la matière sèche ingérée MSI

Le tableau 31 illustre l'efficacité de la MSI moyenne annuelle pour C1, C2 et C3 respectivement de 1,53, 1,21 et 0,97 avec une parité 62,37 %, 74,15 % et 81,08 %. Nous pouvons déduire que ces vaches sont efficaces dont la plupart sont multipares et âgées en moyenne de plus de 4 ans excepté la C3. L'**INRAE (2021)** indique que l'EA augmente avec l'âge qui passe de 0,8 pour une vache de 03 ans à 1,25, une vache de 05 ans et à 1,75 chez une vache de 07 ans. De plus,

l'effet de la parité, ne fait que les vaches primipares. Doivent consacrer une partie de leur énergie pour l'entretien, c'est pourquoi, l'EA se trouve diminuée de 0,1 à 0,25 par rapport aux vaches les multipares.

Andrieu (2012) et **Beauchemin et Rode (2012)**, indiquent qu'une bonne efficacité alimentaire de la MSI des vaches en lactation se situe au-delà de 1,2. Elle est fortement corrélée à l'ingestion selon **Boval et al. (2015)**. On note une homogénéité et donc une fiabilité des résultats pour chacune des trois catégories vu les valeurs des écarts types observés.

La figure 26 montre l'évolution mensuelle annuelle de l'EA pour la C 1, C2 et C3 qui indique que les meilleures valeurs ont été obtenues au printemps, avec une moyenne de 1,56 (C1) 1,21 (C2) et 0,97 (C3), avec des pics respectifs de 1.58, 1.26, et 0.99 au mois de mai.

Ces pics correspondent à la 2ème phase (janvier-mai) qui équivaut à la période de haute lactation concomitante avec la saison printanière synonyme à une disponibilité fourragère accrue et de meilleure qualité favorisé par le pâturage. Ces résultats corroborent avec ceux de **Maulfair et al. (2011)** qui rapportent que l'ensilage et le pâturage améliorent la lactation des vaches en production avec un effet non négligeable sur l'EA. **Ponter, (2016)** ; **Shelley et al. (2016)** et **Thievent, (2016)** rapportent que l'herbe verte apportée en complément alimentaire des vaches en production fournissent des protéines et des oligoéléments indispensables d'une part à leur croissance et à leur entretien et d'autre part améliorent les constituants variables du lait (dont les protéines insolubles). L'effet saison est aussi mentionné par **Vagneur R., (2001)** et **Wattiaux et Howard, (2017)**. Les plus faibles valeurs sont enregistrées au mois d'août. Le mois le plus chaud de l'année (EA de 1,51 pour la C1, 1,18 pour la C 2 et 0,95 pour la C 3). Selon **Schmitt (2022)**, l'efficacité alimentaire diminue en période estivale durant laquelle les animaux doivent s'adapter et réguler leur température corporelle.

5.2 Efficacité alimentaire énergétique

Le tableau 31 présente l'EA énergétique moyenne annuelle des régimes équivalente à 0.50 (C1), 0.59 (C2) et 0.58 (C3), de même que nous observons des variations des valeurs où la plus élevée est C2 suivie de C3 alors C1 demeure la plus basse suggérant une meilleure EA énergétique. La différence serait due à une variation de l'utilisation digestive de la ration ingérée et du niveau de la production de lait. Conformément au système de rationnement **INRA (2018)**, ces valeurs de 0,4-0,6 UFL/L/jour sont jugées appropriées pour satisfaire les besoins énergétiques des vaches en lactation produisant plus de 30 litres de lait, une mise à jour des concepts développés dans les recherches de 1992.

Les courbes de la figure 27 montrent une stabilité de l'EA énergétique des trois catégories pendant les huit premiers mois (janvier à août) et une légère hausse au cours des quatre derniers (septembre à décembre) en liaison probable du stade de lactation, de la composition du régime et de la saison.

5.3 Efficacité alimentaire azotée

Le tableau 31 illustre l'EA azoté des trois catégories correspondant à un pourcentage de 45% (C1), 24% (C2) et 21% (C3).

C1 : Les exploitations de cette catégorie se distinguent par une haute efficacité azotée (EA), supérieure aux références de l'INRAE (2018) et Ferreira (2024). Avec une valorisation de l'azote (N) (efficience) oscillant entre 14 et 45%, elles confirment que leurs animaux exploitent très efficacement l'azote ingéré, réduisant ainsi le potentiel de pollution et optimisant l'utilisation des ressources.

Cette performance remarquable s'explique par une gestion fine de la transition entre l'azote ingéré et l'azote exporté (lait). En se maintenant dans la fourchette haute de 14 à 45 %, ces exploitations limitent drastiquement les rejets ammoniacaux et uréiques, transformant une contrainte environnementale en levier économique. Cette optimisation réduit la dépendance aux intrants protéiques extérieurs et démontre qu'une meilleure EA ne se fait pas au détriment de la productivité, mais qu'elle constitue au contraire un indicateur de santé métabolique du troupeau et de résilience globale du système d'élevage.

C2 : les exploitations de cette catégorie présentent une EA azoté est incluse dans l'intervalle annoncé dans les travaux des mêmes auteurs. Ces valeurs reflètent une efficacité moindre mais conforme à leurs indications.

C3 : Pour ce groupe d'exploitations, le niveau d'apport énergétique azoté (EA) est légèrement inférieur à celui des groupes C1 et C2, mais se situe dans la partie basse de l'intervalle recommandé. Cela suggère une potentielle suralimentation en azote, où les protéines excèdent les besoins énergétiques (ration souvent trop riche en protéines par rapport à l'énergie, >100 g de protéines pour 1 UGB : Unité Gros Bétail). L'objectif est d'optimiser ce ratio Protéines/Énergie pour améliorer la valorisation de l'azote, réduire les coûts alimentaires et limiter les rejets environnementaux, souvent en rééquilibrant la ration (moins de correcteurs azotés, plus de sources d'énergie fermentescible).

Selon Les courbes de la figure 28 montrent une stabilité relative de l'EA azoté des trois catégories durant l'année en liaison probable du niveau de production, du régime uniforme au cours de l'année pour chacune des catégories.

Tableau 31 : Évaluation de l'efficacité alimentaire moyenne du rationnement par catégorie

Efficacité Alimentaire E.A			
	C1	C2	C3
E.A MSI	1.53±0.07	1.21±0.04	0.97±0.03
E.A Energétique	0.50±0.06	0.59±0.03	0.58±0.04
E.A Azotée	45%	24%	21%

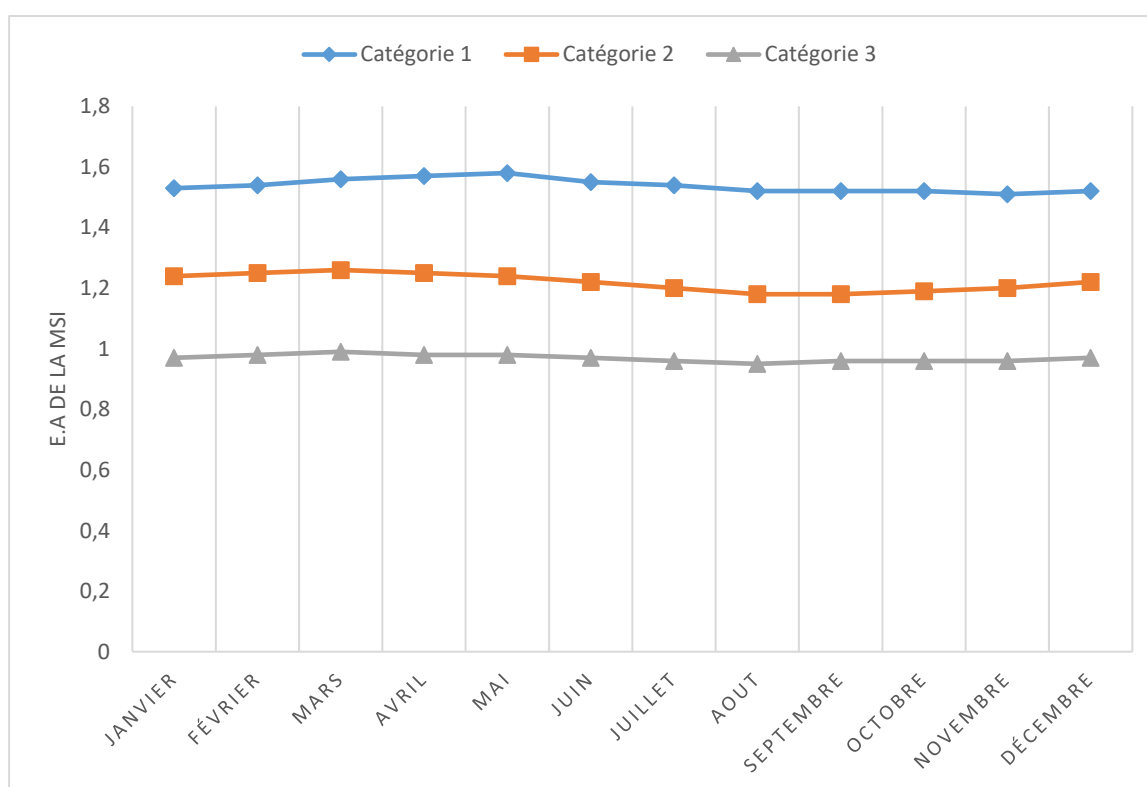


Figure 26 : Évolution de l'efficacité alimentaire de la matière sèche ingérée.

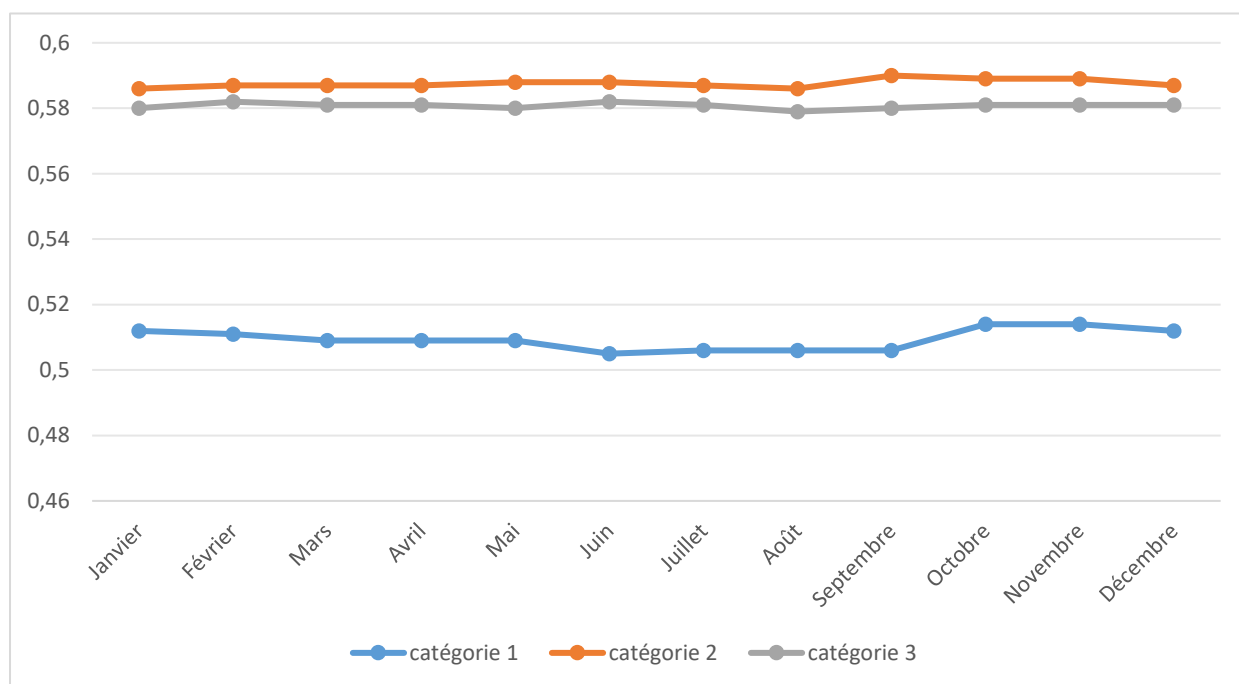


Figure 27 : Efficacité alimentaire énergétique.

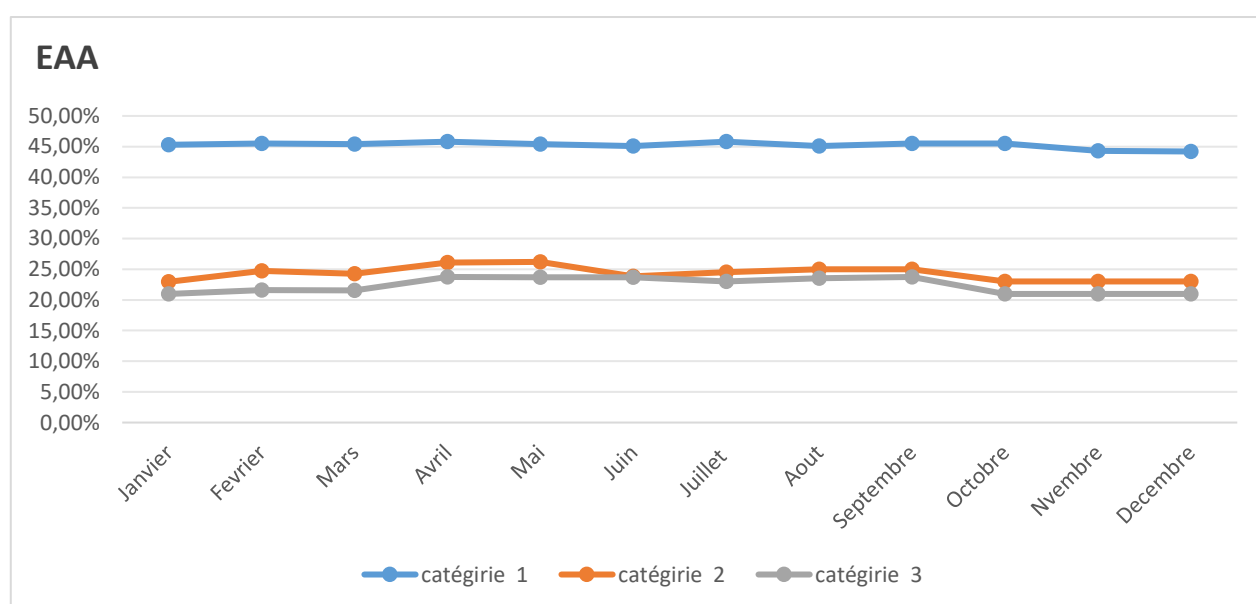


Figure 28 : Efficacité alimentaire azotée au niveau des 03 catégories

6. Autonomie alimentaire des exploitations

Le tableau 32 montre que la C1 a une autonomie alimentaire de 83,46% avec une dépendance alimentaire de 16,54%. Cette situation serait induite par des surfaces fourragères limitées qui ne procurent pas la totalité des besoins alimentaires (2,5 ha avec un cheptel laitier compris entre 30 et 160 VL assurant une production laitière totale journalière comprise entre 1705 à 1720 kgs).

Tableau 32 : Degré d'autonomie alimentaire des exploitations laitières de catégorie 1

Catégorie 1	Autonomie alimentaire (%)	Dépendance alimentaire (%)
Fourrages verts	20,53	0
Sous produits de la céréaliculture	51,03	4,68
Concentré	7,93	3,47
Ensilage	0	5,14
Pâturage	3,97	0
Complément alimentaire	0	3,25
Total de moyenne	83,46 ± 1,54	16,54 ± 1,46

Le tableau 33 montre que les exploitations de catégorie 2, ont une autonomie alimentaire de 23,15% avec une dépendance alimentaire accrue de 76,85%. Ces exploitations disposent une superficie fourragère de 0,54 ha avec un cheptel laitier de 11 à 20 vaches laitières assurant une production laitière entre 275 à 282 KG/j, ce qui expliquerait cette situation plus alarmante que la C1.

Tableau 33 : Degré d'autonomie alimentaire des exploitations laitières de catégorie 2

Catégorie 2	Autonomie alimentaire (%)	Dépendance alimentaire (%)
Fourrages verts	0	0
Sous produits de la céréaliculture	0	54,00
Concentré	19,11	3,75
Ensilage		10,00
Pâturage	4,04	3,10
Complément alimentaire	0	6,00
Total de moyenne	23,15 ± 0,85	76,85 ± 0,15

Le tableau 34 illustre que les exploitations de catégorie 3, ont une autonomie alimentaire nulle avec une dépendance totale de 100%. Ces exploitations disposent d'une SAU moyenne de 0,25 ha et sans surface fourragère d'avec un cheptel laitier de 05 à 10 vaches laitières assurant une production laitière entre 125 à 127 kgs/j. Globalement, les exploitations de cette catégorie de types hors-sol (sans même de pâturage libre) avec toute l'alimentation du cheptel laitier achetée. Ce système est très fragile car très dépendant de l'environnement avoisinant que se soit pour le pâturage ou pour l'acquisition de l'aliment disponible sur le marché. Il constitue un élevage non durable.

Tableau 34 : Degré d'autonomie alimentaire des exploitations laitières de catégorie 3

Catégorie 3	Autonomie alimentaire (%)	Dépendance alimentaire (%)
Fourrages verts	0	0
Sous produits de la céréaliculture	0	62,31
Concentré	0	16,66
Ensilage	0	0
Pâturage	0	10,41
Complément alimentaire	0	10,62
Total de moyenne	0	100

L'autonomie alimentaire ne peut se réaliser sans la disponibilité de productions fourragères nécessaires à la satisfaction alimentaire des cheptels envisagés.

La figure 29 présente la comparaison de la dépendance et de l'autonomie par catégorie des exploitations étudiées. Parmi les 21 exploitations seules 09 (C1) assurent une autonomie alimentaire de 83,46% contre 23,15% (C2) et nulle et donc une dépendance totale (C3).

Au niveau national, plusieurs études rapportent que l'alimentation du bétail se caractérise par une offre insuffisante en ressources fourragères ce qui se traduit par un déficit fourrager alarmant proche de 34 % (**Abdelguerfi et al. 2008; Abdelli et Iguer-Ouada, 2017; Bouzida et al., 2010; Issolah, 2008; Makhoul, 2015; Mansour, 2015; Meskini et al., 2021**). **Merdjane et Yekhlif (2016)**, ont signalé, dans leur étude des productions fourragères en Algérie, une autonomie moyenne en fourrages de 27 % pour un échantillon de 80 exploitations réparties sur 8 wilayas à vocation en élevage bovin laitier.

Dans les conditions de production aux USA, **Lawrence et al. (2015)**, rapportent une autonomie de production fourragère différente d'une exploitation à une autre. Ainsi, 63,3 % d'entre elles produisent 76 à 100 % de leurs fourrages – 11,7 % en produisent de 51 à 75 % – 8,3 % en produisent de 26 à 50 % – 6,7 % en produisent 1 à 25 % - et 10 % des producteurs ne produisent aucun fourrage sur leurs exploitations. Au niveau des élevages laitiers performants, en France, le degré d'autonomie descend rarement en dessous de 90 % (**Berger et Hovav, 2013 ; Dudouet, 2021**). Cette comparaison indique que la filière laitière algérienne doit réaliser des efforts pour se mesurer aux performances internationales. Concernant l'autonomie en concentrés, la situation est plus préoccupante. Les exploitations de petite taille sont quasiment dépendantes du marché, ce qui confirme le caractère « hors-sol » de la production laitière au niveau de cette région. Ce constat a été établi par **Abdelguerfi et al. (2008) ; Chibani et al. (2010) ; Meskini et al. (2023)**.

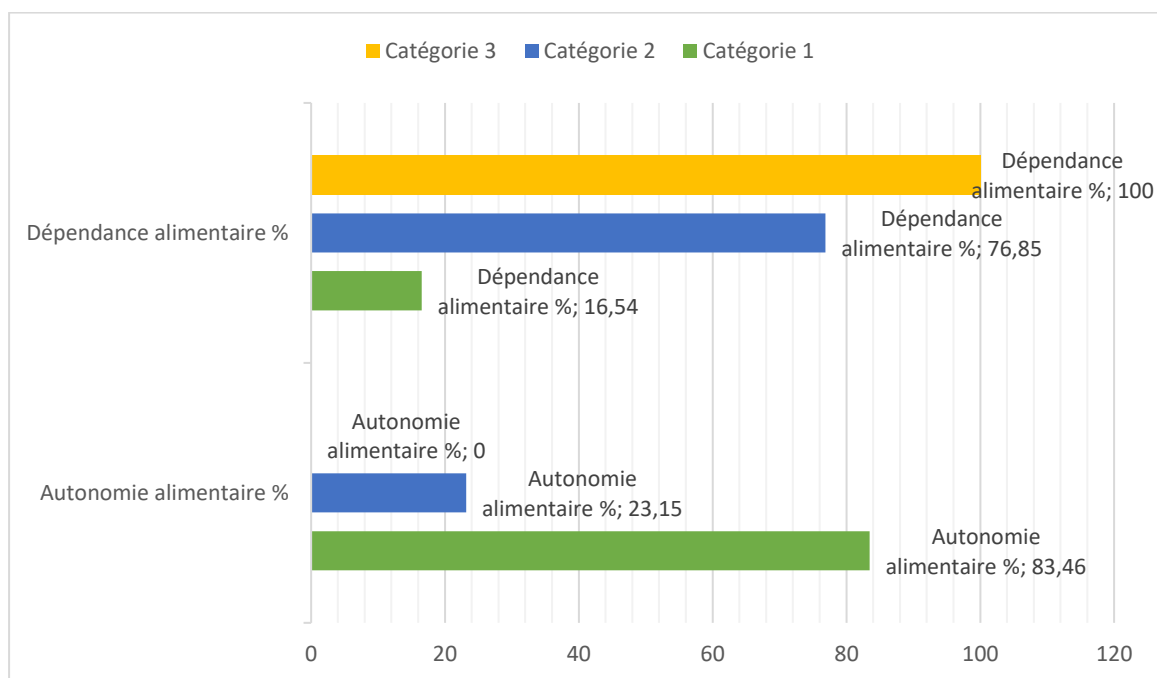


Figure 29 : Autonomie et dépendance alimentaire au niveau des 03 catégories

Dans la même optique, plusieurs auteurs (**Abdelli et Iguer-Ouada, 2017** ; **Meskini et al., 2020** ; **Mohamed-Brahimi et al., 2023**) ont signifié que l'autonomie des exploitations laitières en fonction des indicateurs agro-climatiques, des états de ressources en terres et en eau, des caractéristiques de l'assolement et du troupeau, ainsi que ses performances. Pour assurer la pérennité et la durabilité, ces exploitations doivent adapter leurs élevages pour des systèmes autonomes. Ces systèmes, allant du système intensif pour les grands élevages qui vise à maximiser le rendement tout en minimisant les coûts et/ou pour un type extensif caractérisé par une faible densité de chargement, d'effectifs animaux adaptés à une superficie fourragère pour dégager une rentabilité durable.

Selon **Fischer et al. (2015)**, **Merdjane et Yekhllef (2016)**, **Zirmi-Zembri et Kadi (2016)**, l'autonomie énergétique globale d'une exploitation laitière est estimée satisfaisante à plus de 86%, acceptable à plus de 90% et excellente à plus de 95%.

7. Indicateurs de l'évaluation alimentaire

7.1. Temps de rumination

Selon le tableau 35, le TR annuel moyen obtenu par catégorie d'exploitation, chez les vaches laitières étudiées, majoritairement multipares, non malades ni stressées. Il est estimé à 502 min/j avec des différences entre les phases hautement significatives chez les exploitations de catégorie 1, 477 min/j pour celles de catégorie 2 avec des différences phasiques significatives et 466 min/j pour la catégorie 3 également avec des différences phasiques significatives. La quantité et la nature de la MSI expliqueraient ces différences entre les catégories. Les différences entre les phases sont certainement inhérentes au stade physiologique et la saison. Les résultats corroborent avec ceux de **Heinrichs et al. (2021)** et **Pahl et al. (2014)** qui indiquent que les vaches laitières matures et en

bonne santé ruminant 8 à 9 heures par jour. Un TR moyen chez les vaches laitières sans maladie ni stress a été estimée à 463 min/j chez les primipares et à 522 min/j chez les vaches multipares (Soriani *et al.*, 2015).

Tableau 35 : Temps de rumination des vaches laitières par catégorie d'exploitations (min/j)

TR/ Catégorie	1 ^{ère} phase	2 ^{ème} phase	3 ^{ème} phase	Moyenne	SS
Catégorie 1	495 ± 3,75	513 ± 4,35	498 ± 3,15	502 ± 3,75	**
Catégorie 2	477 ± 2,25	482 ± 2,15	473 ± 2,78	477 ± 2,39	*
Catégorie 3	464 ± 2,15	472 ± 4,75	461 ± 3,25	466 ± 3,38	*

1^{ère} phase : Haute lactation, 2^{ème} phase : Moyenne lactation, 3^{ème} phase : Basse lactation

- *: SS Signification Statistique *: $P < 0,05$ Significatif **: $P < 0,01$ Hautement significatif

Si l'on considère tout le temps passé à ruminer, les vaches ont ruminé en position couchée à 68,2% du temps pour la catégorie 1, 61,4% pour la catégorie 2 et 55,7% pour la catégorie 3. Les vaches laitières ont ruminé à 31,8 % du temps en position debout au niveau des exploitations de catégorie 1, contre 38,6% pour celles de catégorie 2, contre 44,3% pour la catégorie 3. La différence de rumination a été aussi observée selon les types de logement et a été observé que la rumination quotidienne était plus importante pour les vaches laitières en production dans les exploitations de catégorie 1 avec des aires de repos à l'extérieur, soit en stabulation libre sur litière de paille (avec une moyenne déterminée de 502 min/j).

Le repos est un pilier fondamental de la santé et de la productivité des vaches laitières, une carence pouvant avoir des répercussions négatives majeures, comme l'ont souligné Kononoff *et al.* (2002) et Temple *et al.* (2016). À cet égard, le type de logement influence directement le comportement de repos, le bien-être animal et les performances de production. Le choix de l'hébergement présente d'ailleurs des compromis distincts en matière de confort. Sur le plan physiologique, la station couchée est idéale : elle favorise une rumination accrue et une salivation abondante, ce qui joue un rôle préventif contre l'acidose ruminale. De plus, cette position optimise la circulation sanguine mammaire, augmentant le débit à près de 5 L/min, contre seulement 3 L/min en position debout, favorisant ainsi la synthèse de lait. À l'inverse, une station debout prolongée engendre une pression excessive dans le sabot, provoquant ischémie et hypoxie, des conditions propices au développement des boiteries.

Il est observé que des vaches élevées dans un environnement alimentaire fourrager avec un pâturage biologique (C1) et celles vivant dans un environnement conventionnel avec des intrants alimentaires hors exploitation ont un temps de rumination plus long, excepté la période estivale (juin-août 2023). Les régimes alimentaires des exploitations de cette catégorie renfermant une part fourragère (luzerne et orge vert) ont entraîné une augmentation de 7,17 % du TR par rapport aux régimes des

exploitations de catégorie 2 et 3 où les fourrages ont été remplacés par des produits céréaliers et du concentré.

De nombreux auteurs attribuent cette différence à la variation de la quantité de fourrage dans les régimes alimentaires, le groupe fourrager faible entraînant une réduction du temps de rumination.

Dahou et al. (2026), Heinrichs et al. (2021), Pahl et al. (2014) et Soriani et al. (2015) ont suggéré que l'efficacité physique des fibres dans l'alimentation des bovins laitiers augmentait le temps de rumination.

Cela indique que le rapport fourrage/concentré et la longueur des particules de fourrage ont une relation directe avec le temps total de rumination ainsi que le temps de rumination par kg de matière sèche. Dans notre cas, le temps de rumination quotidien est réduit avec un régime enrichi avec des produits céréaliers et du concentré ($466 \pm 3,38$ vs $477 \pm 2,39$ min/j ; $p = 0,01$) contre (502 min/j $\pm 3,75$; $p = 0,05$) pour un régime à tendance fourrager.

7.2 Score de remplissage du rumen « SRR » et note d'état corporel « NEC »

7.2.1- Score de remplissage du rumen

Selon le tableau 36, les moyennes des SRR par phase obtenues au niveau des exploitations de C 1 sur des vaches laitières de race Prim Holstein en lactation ont donné une évaluation moyenne de $3,03 \pm 0,02$ en 1^{ère} phase de lactation, $2,98 \pm 0,04$ en 2^{ème} et $2,97 \pm 0,01$ en 3^{ème}.

La note de remplissage du rumen du troupeau égale à 2,99 au niveau des exploitations de la C 1 proviendrait d'une gestion adéquate de l'alimentation des vaches après le vêlage et au début de la lactation. Avec une telle gestion, le déficit énergétique est maîtrisé grâce à une bonne capacité d'ingestion très vite retrouvée après vêlage et pendant la lactation.

Selon le tableau 37, les exploitations de C 2, le SRR a été de $2,88 \pm 0,04$ pour la 1^{ère} phase de lactation, $2,83 \pm 0,03$ pour la 2^{ème} et $2,82 \pm 0,06$ pour la 3^{ème} avec une moyenne de lactation de 2.84. Ces indices sont inférieurs à ceux de la C 1 et représentent un écart négatif par rapport aux recommandations de l'INRA 2018 fixées à 3 au cours la lactation. Ces valeurs annonceraient des problèmes digestifs liés à la prise des aliments, la digestion et la vitesse de transit inhérentes à une gestion moins adéquate de l'alimentation au cours la période critique.

Selon le tableau 38, les exploitations de catégorie 3, l'évaluation du remplissage du rumen SRR a été de $2,80 \pm 0,01$ pendant la 1^{ère} phase de lactation, $2,76 \pm 0,03$ durant la 2^{ème} et $2,75 \pm 0,01$ au cours de la dernière avec une moyenne de 2.77 soient des écarts plus importants par rapport à C 1 et C 2 avec des conséquences plus accentuées et des causes plus significatives.

L'évolution du SRR est relation avec la catégorie et donc avec l'intégration et du système d'affouragement des exploitations étudiées. Le SRR est témoin d'un état pathologique : cétose, mammites systémiques, fièvre de lait ou boiteries. Une vache boiteuse présentera plus de difficultés à rester en station debout aux cornadis pour s'alimenter, ce cas s'est présenté chez certaines

exploitations de catégorie 2 et 3 et abordé au niveau de la partie évaluation du bien-être « absence de blessures ». **Tao et al. (2012) et Paudyal et al. (2018).**

7.2.2- NEC

Selon les tableaux 36, 37 et 38 les vaches des exploitations de C1 ont donné un NEC de $3,27 \pm 0,05$ durant la 1^{ère} phase de lactation, $3,27 \pm 0,05$ durant la 2^{ème} et $3,18 \pm 0,12$ durant la 3^{ème} avec une moyenne de lactation de 3,23. Le maintien de la NEC entre la 1^{ère} et la 2^{ème} phase (3,27) s'expliquerait par la gestion des réserves corporelles et l'ajustement de la conduite alimentaire pour une production laitière escomptée.

Pour la C2, le NEC des exploitations ont donné une notation moyenne de $3,16 \pm 0,06$ durant la 1^{ère} phase de lactation, $3,06 \pm 0,05$ durant la 2^{ème} et $3,02 \pm 0,04$ durant la 3^{ème} et une moyenne de lactation de 3,08 inférieure à celle de la C1.

Pour les exploitations de C3, les vaches suivies ont obtenu une NEC moyenne de $3,00 \pm 0,01$ pour la 1^{ère} phase de lactation, $2,93 \pm 0,01$ durant la 2^{ème} et $2,91 \pm 0,01$ durant la 3^{ème} et une moyenne de lactation de 2,95 inférieure elle-même de celle de la C2..

la gestion des variations du NEC au cours de la lactation est importante, une bonne pratique d'élevage doit assurer qu'une vache ne perdra pas plus d'un point entre le vêlage et le pic de lactation (**Hulsen, 2012**), passant de 3,5 à 2,5 par exemple, qu'elle récupérera un point avant sa fin de lactation (retour à 3,5) et qu'elle maintiendra son score de NEC pendant toute la durée du tarissement (**Kaouche et al., 2012**).

Le constat obtenu est que les variations du NEC ont été peu importantes entre les vaches d'un même troupeau des exploitations étudiées, pour le même stade physiologique (durant les 03 phases de lactation), ce qui est témoin d'une bonne maîtrise entre les besoins des vaches en production.

Néanmoins la baisse du NEC chez les vaches des exploitations de catégorie 2 et de catégorie 3 (avec une moyenne durant la lactation variable de $3,08 \pm 0,04$ à $2,95 \pm 0,01$) nécessite leur passage obligatoire par une période de transition par un tarissement. Le tarissement est une étape importante dans le cycle de production d'une vache. Cette période marque la fin d'une lactation et la préparation d'une nouvelle : c'est une phase de repos et d'assainissement pour l'état corporel, mais aussi une phase de préparation aux autres étapes physiologiques, surtout à la mise à la reproduction. La bonne conduite d'une alimentation spécifique aux tarées doit être parfaitement contrôlée pour assurer une bonne reproduction, un vêlage réussi, le bon démarrage de la lactation et la bonne santé du veau.

Au-delà de l'utilisation du SRR et du NEC à l'évaluation de la conduite d'élevage au niveau des exploitations étudiées lors du suivi effectué, cette évaluation est également appliquée comme indicateur du bien être animal (BEA). La grille présentée dans Welfare Quality par **Lievaart et Noordhuizen (2010)**, classe directement les exploitations de C1 en stade « bonne à acceptable », celles des C 2 et C3 en stade « peu maigre à acceptable ». Dans ce cas, des actions correctives

doivent être mises en place pour améliorer l'état corporel par une bonne gestion de l'alimentation. Selon **Heinrichs et al. 2021**, une vache maigre en fin de lactation risque de développer des troubles métaboliques, de présenter des difficultés d'ingestion alimentaire, puis des anomalies de cyclicité et un délai de mise à la reproduction allongé. L'intégration de ces indicateurs zootechniques dans l'évaluation du bien-être animal souligne la synergie indispensable entre la physiologie de la vache et la rentabilité globale de l'atelier laitier. Un déficit énergétique prolongé, objectivé par une dégradation du NEC ou du SRR, ne compromet pas uniquement la trajectoire de la lactation en cours. Il altère profondément les fonctions immunitaires de l'animal, augmentant sa vulnérabilité aux pathologies podales et aux mammites précoces après le vêlage. Par conséquent, le suivi rigoureux de ces paramètres devient un levier décisionnel stratégique, permettant d'anticiper les réformes involontaires et de garantir la durabilité de l'élevage.

Tableau 36 : Évaluation moyenne du SRR et du NEC au niveau des exploitations de catégorie 1

Catégorie	Exploitation	SRR	NEC
1	01	2,98±0,01	3,12±0,18
	02	2,99±0,01	3,17±0,03
	03	2,98±0,02	3,08±0,12
	04	3,06±0,02	3,35±0,03
(1 ^{ère} phase)	05	2,98±0,01	3,19±0,02
	06	3,04±0,03	3,31±0,03
	07	3,12±0,01	3,41±0,01
	08	3,02±0,08	3,38±0,02
	09	3,07±0,03	3,45±0,15
Moyenne		3,03±0,02	3,27±0,05
Catégorie	Exploitation	SRR	NEC
1	01	2,93±0,12	3,16±0,08
	02	2,97±0,08	3,22±0,16
	03	2,92±0,18	3,19±0,21
(2 ^{ème} phase)	04	3,01±0,03	3,28±0,02
	05	2,96±0,01	3,12±0,01
	06	3,01±0,01	3,22±0,01
	07	3,08±0,02	3,39±0,02
	08	2,97±0,01	3,23±0,02
	09	3,01±0,08	3,34±0,04
Moyenne		2,98±0,04	3,24±0,03
Catégorie	Exploitation	SRR	NEC
1	01	2,92±0,01	3,18±0,07
	02	2,96±0,01	3,22±0,05
	03	2,91±0,01	3,12±0,06
	04	2,99±0,01	3,14±0,03
	05	2,95±0,01	3,12±0,03
(3 ^{ème} phase)	06	2,99±0,01	3,16±0,14
	07	3,04±0,02	3,32±0,04
	08	2,96±0,01	3,15±0,05
	09	2,98±0,02	3,23±0,07
Moyenne		2,97± 0,01	3,18±0,12
Moyenne des 3 phases		2,99± 0,003	3,23±0,02

Tableau 37 : Évaluation moyenne du SRR et du NEC au niveau des exploitations de catégorie 2

Catégorie 2	Exploitation	SRR	NEC
	01	2,86±0,06	3,16±0,18
	02	2,84±0,05	3,10±0,03
	03	2,93±0,08	3,21±0,12
(1 ^{ère} phase)	04	2,91±0,04	3,18±0,02
	05	2,88±0,06	3,12±0,15
	06	2,86±0,03	3,18±0,02
Moyenne		2,88±0,04	3,16±0,06
Catégorie 2	Exploitation	SRR	NEC
	01	2,81±0,05	3,07±0,08
	02	2,84±0,06	3,09±0,16
	03	2,87±0,07	3,07±0,21
(2 ^{ème} phase)	04	2,82±0,06	3,05±0,08
	05	2,83±0,12	3,04±0,06
	06	2,82±0,02	3,01±0,03
Moyenne		2,83±0,03	3,06±0,05
Catégorie 2	Exploitation	SRR	NEC
	01	2,84±0,04	3,05±0,07
	02	2,81±0,05	3,03±0,05
(3 ^{ème} phase)	03	2,85±0,03	3,09±0,06
	04	2,83±0,07	3,05±0,14
	05	2,79±0,06	2,96±0,07
	06	2,78±0,02	2,95±0,03
Moyenne		2,82± 0,06	3,02±0,04
Moyenne des 3 phases		2,84± 0,03	3,08±0,04

Commentaires relatifs au SRR et au NEC :

Le SRR agit ici comme un bio-indicateur de la performance managériale. L'étude démontre que la chute du score de remplissage n'est pas une fatalité biologique liée à la lactation, mais le résultat d'une gestion de la transition alimentaire. Alors que la catégorie C1 parvient à stabiliser le rumen au-dessus du seuil de 3, les catégories C2 et C3 subissent une érosion continue du SRR sur les trois phases, confirmant une inadéquation persistante entre les apports et les capacités d'ingestion des animaux.

Les différences observées dans le NEC entre les groupes (C1 > C2 > C3) révèlent un gradient de performance en matière de gestion de l'équilibre énergétique. Le groupe C1 démontre une conduite alimentaire et une gestion des réserves corporelles efficaces, réussissant à maintenir un niveau de NEC élevé, ce qui est crucial pour la persistance de la lactation et la santé globale. Les groupes C2 et surtout C3 peinent à équilibrer les besoins énergétiques de la lactation, entraînant une dégradation plus marquée de leur état corporel, avec des moyennes de NEC plus basses, ce qui peut affecter la reproduction et la longévité. Cette corrélation entre le SRR et le NEC souligne l'importance de la

gestion du tarissement et du début de lactation, une problématique majeure dans les élevages intensifs et extensifs.

Nos résultats sur le groupe C3 rejoignent les observations de **Ghozlane et al. (2010)** sur la caractérisation des systèmes d'élevage bovin laitier en Algérie, qui pointent du doigt l'instabilité des rations et la forte dépendance aux concentrés, souvent mal compensée par des fourrages de qualité. Cette "érosion du SRR" est typique des élevages de la région d'Alger ou de Blida où le déficit énergétique post-partum est accentué par un stress thermique saisonnier, comme le soulignent les travaux de **Belkasmi et al. (2020)** sur le bien-être et les performances métaboliques des vaches laitières en zone semi-aride. La capacité du groupe C1 à maintenir un SRR > 3 valide les modèles de **Grant et Albright (1995)** concernant le comportement d'ingestion. À l'inverse, la chute observée en C3 illustre parfaitement le concept de balance énergétique négative (BEN) décrit par **Butler (2003)** dans le Journal of Animal Science, où l'incapacité à combler l'écart entre ingestion et besoins laitiers déclenche une mobilisation excessive des graisses (chute du NEC). Contrairement à l'approche classique focalisée uniquement sur la ration, l'utilisation du SRR comme "bio-indicateur managérial" dans cette étude permet de démontrer que la morphologie et le stade physiologique ne sont pas les seuls déterminants : le facteur humain (précision du rationnement) est le levier principal de la stabilité métabolique.

Tableau 38 : Évaluation moyenne du SRR et du NEC au niveau des exploitations de catégorie 3

Catégorie	Exploitation	SRR	NEC
3	01	2,79±0,03	2,97±0,04
	02	2,81±0,04	3,01±0,01
	03	2,76±0,07	2,92±0,06
(1 ^{ère} phase)	04	2,87±0,05	3,12±0,01
	05	2,81±0,06	3,03±0,04
	06	2,77±0,03	2,94±0,02
Moyenne		2,80±0,01	3,00±0,01
Catégorie	Exploitation	SRR	NEC
3	01	2,77±0,04	2,94±0,01
	02	2,78±0,02	2,96±0,02
	03	2,73±0,04	2,88±0,01
(2 ^{ème} phase)	04	2,81±0,03	2,99±0,01
	05	2,76±0,02	2,91±0,01
	06	2,73±0,02	2,89±0,01
Moyenne		2,76±0,03	2,93±0,01
Catégorie	Exploitation	SRR	NEC
3	01	2,76±0,01	2,92±0,01
	02	2,77±0,02	2,93±0,02
	03	2,75±0,01	2,92±0,02
(3 ^{ème} phase)	04	2,78±0,01	2,94±0,01
	05	2,74±0,01	2,89±0,01
	06	2,71±0,01	2,87±0,02
Moyenne		2,75± 0,01	2,91±0,01
Moyenne des 3 phases		2,77± 0,01	2,95±0,01

7.3 Matières fécales

Selon le tableau 39, les résultats obtenus de l'observation des matières fécales ont été comme suit : Un score moyen de $1,7\pm0,1$ pour les vaches laitières de catégorie 1, celles des exploitations de catégorie 2 ont obtenu une note moyenne de $2,4\pm0,2$, par contre les troupeaux des exploitations de catégorie 3, un score élevé de $3,1\pm0,1$. La grille d'évaluation de **Zaaijer et Noordhuizen (2003)**, à cinq niveaux, a permis de déceler une consistance et une fibrosité différente suivant les catégories d'exploitation au même stade physiologique, des vaches en lactation.

C1 : les matières fécales observées ont été majoritairement brillantes, avec une consistance homogène, la plupart des exploitations inspectées aucune trace d'éléments non-digérés n'a été visible ou décelée, c'est un signe de bonne gestion alimentaire.

C2 : les matières fécales brillantes, ayant une consistance fibrosité homogène, quelques éléments de la ration sont non-digérés, visibles et palpables. Ce constat est acceptable pour les vaches taries ou en fin de lactation.

C3 : les matières fécales ayant une consistance-fibrosité à cause des restes d'aliments non digérés et qui collent aux doigts. Le score de cette catégorie est inacceptable pour des vaches en lactation. En effet, d'après **Maltz, (2020)**, une acidose ruminale induira un appel d'eau important au niveau du gros intestin, ce qui induira une forte diminution de la consistance des bouses et à un manque de digestibilité des aliments à cause de l'augmentation de la vitesse du transit intestinal.

La consistance-fibrosité des matières fécales est dépendante de l'alimentation distribuée aux bovins. à base des éléments secs mal broyés et manquant d'humidité ou d'une formulation faible en fourrages verts, ou une ration mal équilibré. **Burfeind et al., 2010 ; Fischer et al.,(2014)**

Les résultats obtenus confirment ceux de la littérature (**Cuvelier et Dufrasne, 2015 et Götze, 2021**).L'intensification et l'amélioration des performances des vaches laitières en lactation dans les exploitations étudiées passe, en partie, par une bonne gestion des formulations alimentaires et par une augmentation de la part des fourrages verts.

Tableau 39 : Scores obtenus de l'observation des matières fécales.

Catégorie 1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	Moyenne
Score	1,3±0,2	1,5±0,1	1,8±0,1	1,9±0,1	1,4±0,2	1,6±0,3	1,7±0,1	1,8±0,2	2,1±0,1	1,7±0,1
Catégorie 2	E1	E2	E3	E4	E5	E6				Moyenne
Score	1,8±0,2	2,1±0,2	2,5±0,3	1,7±0,2	3,3±0,2	3,1±0,2				2,4±0,2
Catégorie 3	E1	E2	E3	E4	E5	E6				Moyenne
Score	2,6±0,2	2,8±0,2	3,4±0,1	3,1±0,1	3,7±0,2	2,8±0,1				3,1±0,1

7.4 Évaluation du bien-être animal

Le tableau 40 montre l'évaluation du bien être animal des exploitations des trois catégories, une bonne appréciation du BEA avec un score moyen de 66 ± 2 pour l'ensemble des exploitations de la catégorie 1. Celui de la catégorie 2 est acceptable avec un score moyen de 32 ± 3 . Le BEA de la catégorie 3 est plus au moins acceptable avec un score moyen de 21 ± 1 qui a été fortement influé par les faiblesses constatées au niveau des exploitations 3, 4 et 6. Les niveaux de cette appréciation sont évalués et commentés comme suit :

7.4.1- Bonne Alimentation

L'absence de faim

Tenant compte, pour l'évaluation de l'absence de faim, d'une part de la démarche Welfare Quality faite par **Veisser *et al.* (2008)** et par **Wemelsfelder *et al.* (2009)**, qui considèrent une vache laitière « très maigre » si sa note d'état corporel (NEC) est inférieure à 2. D'autre part, des grilles de l'**INRAE (2021)** et du **SNIG (2022)** destinées aux races spécialisées lait, qui utilisent des scores compris entre 0 et 5. Il a été déduit que les exploitations des 03 catégories maîtrisent le NEC de leur troupeau en lactation > 2 et ≤ 3 . Cela confirme que la ration alimentaire assure un des piliers du bien-être animal, l'absence de la faim des vaches en production.

L'absence de soif

L'absence de soif prolongée est adoptée par **Beede et Myers (2000)**; **Kononoff et al. (2017)** ; **Wemelsfelder et al. (2009)** dans Welfare Quality, l'absence de soif prolongée est évaluée selon le nombre d'abreuvoirs disponibles, leur propreté et leur débit. Aucune défaillance n'a été notée, pour ce critère, au niveau des 21 exploitations enquêtées.

7.4.2 Logement approprié

Confort de couchage

Dans l'enquête effectuée, notre évaluation s'est faite sur la séquence de couchage des troupeaux étudiés en termes de durée et de fréquence. L'inconfort au couchage a été constaté au niveau de 02 exploitations de la catégorie 2 et de l'ensemble des exploitations de la catégorie 3. Plusieurs auteurs (**Lievaart et Noordhuizen, 2010** ; **Veisser *et al.*, 2012** ; **Webster, 2009**) considèrent que le confort au couchage pose souvent problème en élevage laitier et les amènent à le lier à un problème de confort au sol ou à la mauvaise conception ou au manque de commodité des logettes.

La propreté

Partant de la démarche Welfare Quality faite par **Bouffard *et al.* (2017)** et **Schreiner et Ruegg (2003)** qui ont apprécié les prévalences des vaches souillées par zone corporelle sur la base de la moyenne des scores obtenus par zone inspectée. Dans l'étude menée sur les 21 exploitations, il a

été observé au niveau de la catégorie 1, une prévalence de la propreté à 77% au niveau des membres postérieurs, 95,4% au niveau des mamelles et 89,3% au niveau des flancs. Pour la catégorie 2, cette prévalence de la propreté a diminué avec 41,7% au niveau des membres postérieurs, 63,8% au niveau des mamelles et 39,3% au niveau des flancs. Pour la catégorie 3, il a été constaté une prévalence des vaches souillées à 82,45% des exploitations inspectées. Cette prévalence de la souillure à 81,25% au niveau des membres postérieurs, 15,8% au niveau des mamelles et 79,6% au niveau des flancs. La propreté corporelle des vaches laitières est un critère à prendre obligatoirement en charge, au niveau des exploitations laitières, pour éviter ses répercussions sur leur confort, leur santé et sur leur productivité.

Facilité du mouvement

Dans la démarche Welfare Quality établie par **Temple et al. (2016)** et **Vilain (2008)**, cet aspect est évalué par le type de stabulation : libre ou entravée. Au niveau des exploitations étudiées de la catégorie 1, dans 18,3% des bâtiments, les vaches laitières étaient dans des stabulations entravées, et ces constructions concentraient 25,1% des vaches laitières. Pour ceux de la catégorie 2, 49,2% des bâtiments abritent 42,3% des troupeaux en stabulation entravée. L'ensemble des exploitations de catégorie 3 (soit 78,92% des vaches laitières) sont à l'intérieur des bâtiments en stabulation entravée.

De plus en plus les éleveurs de la région et bien qu'ils sont convaincus des avantages de la stabulation libre et souhaitant abandonner la stabulation entravée pour la stabulation libre. Les moyens financiers limités et des bâtiments existants qui ne sont pas encore amortis les obligent à chercher des solutions permettant de réduire les investissements au minimum. De nombreuses autres stabulations entravées ont été construites au cours des dernières décennies. Ce sont souvent des bâtiments massifs difficiles à modifier, car leurs dimensions ne s'y prêtent pas et leur mode de construction manque de souplesse (dalle en béton avec piliers intermédiaires, murs à double paroi).

7.4.3 Bonne Santé

Le bien-être des vaches requiert qu'elles soient en bonne santé ; réciproquement, la présence de maladie ou de blessures (altérations du tégument, boiteries) entraîne un mal-être (**Lievaart et Noordhuizen, 2010**). L'étude menée montre que les vaches laitières souffrent d'une variété importante de problèmes de santé, que ce soit dans des systèmes « traditionnels » ou « intensifs ».

Altérations de la peau

Les altérations tégumentaires sont considérées comme constituant un problème majeur de bien-être **Veissier et al., 2008**. Dans l'étude menée, les altérations tégumentaires les plus prévalentes sont celles situées au niveau des jarrets. Toute sévérité confondue, on a observé de grandes variations entre les catégories d'exploitations : 0% pour la catégorie 1, 12,8% pour la catégorie 2 et 22,3%

pour la catégorie 3. Au vu de ces quelques résultats, les altérations du tégument semblent constituer une atteinte majeure au bien-être et présentent des variations importantes de prévalence entre les fermes inspectées.

Blessures

Les boiteries constituent le problème majeur de bien-être pour les vaches laitières. L'enquête menée portant sur les boiteries au niveau des 03 catégories d'exploitations a rapporté une prévalence élevée à 18,6% (catégorie 2) et 26,2% (catégorie 3). En revanche, grâce à l'application de bonnes pratiques d'élevage, la prévalence est maintenue en dessous de 3 % dans les exploitations de la catégorie 1. Contrairement aux résultats obtenus à l'étude, certains auteurs inspectant des exploitations laitières du Nord Algérien (**Achemaoui et Bendahmane, 2016**) ont observé des prévalences légèrement plus faibles : 11,2% à 13,6 et d'autres ont obtenus, sur la même région, (**Benatallah et al., 2013 ; Guedjal et al., 2023**) une supériorité allant de : 28,7% à 62,4%.

Absence de Maladies

Chez la vache laitière, la présence de maladies est associée à une diminution de la production de lait (**Schreiner et Ruegg, 2003**). Les mammites, qui sont source de douleur importante pour les vaches constituent la maladie infectieuse la plus prévalente en élevage laitier de la région étudiée (**Meskini et al., 2021; Reneau et al., 2005 ; Seddar-Yagoub et al., 2023**). Elles peuvent être associées à des signes cliniques (grumeaux dans le lait, inflammation de la mamelle, abattement, fièvre...) ou non (mammites sub-clinique). Le comptage des cellules somatiques du lait (**SCC**) est l'une des méthodes qui permet de diagnostiquer les mammites. Dans l'étude menée, il a été observé une prévalence de mammites (seuil : 200 000 cellules par ml) de 7,2% dans les 21 élevages inspectés. Si l'on s'intéresse à l'incidence de mammites, le constat est une incidence de 5 à 8 cas pour 75 vaches en lactation par an des exploitations de catégorie 2. Dans cette catégorie, les mammites sont une des causes principales de réforme des vaches laitières. En outre, l'incidence de mammites est variable entre les fermes de la catégorie 3, il a été observé des incidences comprises entre 2 et 7 cas pour 36 vaches en production et par an. Une rigueur dans l'application des méthodes de prévention des mammites a entraîné sa régression au niveau de ces fermes. Les problèmes de reproduction des élevages laitiers sont bien maîtrisés au niveau des exploitations enquêtées. La prévalence de dystocie est généralement inférieure à 0,5% pour la période de l'enquête menée.

Pour les autres maladies à incidence décelée lors de notre enquête (exprimée en % de vaches par an), menée au niveau des 03 catégories d'exploitation (sur 21 exploitations). Il a été constaté que sur 37% des élevages, une détection à 14,2 % au niveau des exploitations de catégorie 1, 38,6% au niveau de celles de catégorie 2 et à 47,2% au niveau de la catégorie 3. L'incidence notée est à 18% pour les problèmes respiratoires et à 82% pour les diarrhées. Enfin, le taux de mortalité des vaches laitières en élevage est en augmentation ces dernières années. Au niveau des catégories 2 et 3, il a

été estimé à 2,7% en 2022 et à 3,2% en 2023. Selon **Broom (2021)**, un taux d'infections non transmissibles $\geq$ à 15% est une alerte à une défaillance dans la maîtrise du bien-être animal au niveau des élevages laitiers intensifs.

Douleurs liées aux pratiques d'élevage

Les pratiques induisant de la douleur aux vaches laitières concernent les mutilations comme l'écornage. Nos visites-inspections ont montré que près de 12% des vaches laitières étaient ébourgeonnées pendant leur jeune âge, 2,8 % au niveau des exploitations de catégorie 1, 4,1% au niveau des exploitations de catégorie 2 et 6,1 au niveau des exploitations de catégorie 3 et généralement sans utilisation d'anesthésique ni d'analgésique. Les écornages sont surtout à cause des interactions agonistiques au niveau des élevages à espace et bâtiments d'élevage limité. Des chiffres similaires ont été observés en Afrique du Nord (**WOAH, 2022**).

7.4.4 Comportement Approprié

Dans l'étude de **Waiblinger et al. (2006)**, le comportement social des vaches laitières est estimé par la fréquence des interactions agonistiques (coups, combats, etc.). Ainsi, seules les relations de dominance subordination sont appréhendées. En conditions d'élevage, ces relations s'établissent lorsque des animaux adultes étrangers les uns aux autres sont réunis pour la première fois ; elles se mettent en place rapidement et restent stables dans le temps (**Anderson, 2014**). D'après les résultats de l'étude menée, le nombre d'interactions agonistiques par vache et par heure est généralement compris entre 0,75 et 1,65 interactions. Par exemple, lors de l'étude conduite sur les 21 fermes r, il a été observé en moyenne 0,75 interactions (min. 0,35 ; max. : 4,30/ Temps d'interaction moyen) par vache par heure chez les exploitations de catégorie 1. La moyenne a augmenté respectivement à 1,35 et à 1,65 interactions au niveau de la catégorie 2 et 3 (temps d'interaction moyen de min : 0,48; max : 5,20). Il est aussi à signaler que la stabulation entravée a accentué la nervosité des vaches surtout pour celles qui se trouvent dans un local étroit, mal aéré et sans aucune aire d'exercice. Dans l'étude Welfare Quality, menée par **Wemelsfelder et al. (2009)**; **Bouisseau et Boissy (2005)** estiment que la fréquence tolérée des interactions agonistiques par vache et par heure varie de 1,32 à 2,18 interactions, selon les systèmes de logement et les espaces d'élevage laitier disponibles. La mauvaise gestion des interactions au niveau des catégories des exploitations étudiées a influé, d'une part, sur le comportement des vaches laitières, leur santé, leur performance et leur rendement en production et d'autre part aura des conséquences sur la longévité des élevages laitiers.

Relation homme-animal

Dans la démarche Welfare Quality établie par **Botreau et al. (2006)** et **Waiblinger et al. (2006)**, la relation homme-animal est évaluée à l'aide de différentes méthodes. Celle la plus appliquée par ces auteurs est la mesure de la distance d'évitement d'un animal à l'approche de l'homme et celle utilisée au niveau des élevages étudiés, et a permis de bien refléter la qualité de la relation homme-

animal. Ainsi, dans notre étude conduite sur 21 fermes laitières elle est de 0,25 m (min : 0 m, max : 0,5 m) pour la catégorie 1, contre 1,75 m (min. 0,5 m, max. : 3,5 m) pour les catégories 2 et 3. Pour les études de Welfare Quality pour une bonne pratique d'élevage, (**Capdeville, 2002 ; Veissier et al., 2012 ; WOA, 2022**) relèvent un niveau de distance médiane appréciable de 0,10 m (min. : 0,05 m, max. : 0,50 m), et un taux conforme à 95% des vaches laitières qui se laissent toucher.

A travers l'étude menée, il a été constaté que les exploitations de catégorie 1 offrent à leurs bovins laitiers le maximum de bien-être et qui a permis d'optimiser leurs performances. La qualité des bâtiments d'élevage avec l'investissement continu dans les bonnes pratiques d'élevage sont des facteurs de bien-être important, qui agissent à la fois sur le confort, la propreté et la prévention des maladies, des blessures et des réformes anticipés. Des vaches saines produiront plus longtemps et seront plus fécondes. Ce qui sera bénéfique pour les résultats économiques des exploitations laitières.

Tableau 40 : Évaluation du bien-être animal chez les 03 catégories d'exploitations

Catégorie	Exploitation	BEA	Appéciation
1	01	66±4	Bon
	02	58±2	Bon
	03	62±4	Bon
	04	73±2	Bon
	05	66±2	Bon
	06	71±1	Bon
	07	78±2	Bon
	08	61±2	Bon
	09	57±3	Bon
Moyenne		66±2	Bon
Catégorie	Exploitation	BEA	Appéciation
2	01	32±4	Acceptable
	02	27±2	Acceptable
	03	23±2	Acceptable
	04	28±3	Acceptable
	05	37±2	Acceptable
	06	42±3	Acceptable
Moyenne		32±3	Acceptable
Catégorie	Exploitation	BEA	Appéciation
3	01	21±1	Acceptable
	02	27±2	Acceptable
	03	18±1	Faible
	04	17±2	Faible
	05	24±1	Acceptable
	06	19±1	Faible
Moyenne		21±1	Acceptable

8. Paramètres biochimiques sanguins

Le tableau 41 présente les valeurs moyennes des paramètres biochimiques sanguins, notamment la glycémie, les triglycérides, le cholestérol, les protéines totales, l'urée et la créatinine.

8.1- Glycémie

Un taux moyen de 0.77g/l pour C1 ,1.06 g/l pour C2 et de 1.09 g/l pour C3. En comparant avec les travaux de (**Deghnouche et al., 2019 ; Mc Guffey, 2017 ; Taylor et al., 2003**) qui ont déterminé que chez les vaches laitières, la glycémie est normale si les valeurs sont comprises entre 0,5 et 0,8 g/L. Une glycémie inférieure à 0,5 g/L ou supérieure à 0,8 g/l dans le sang serait un indicateur peu spécifique d'une balance énergétique déséquilibrée. la C1 présente un taux conforme par rapport aux valeurs rapportées par ces auteurs.En revanche, les C2 et C2 affichent des taux de glycémie élevés, ce qui pourrait être dû à un régime alimentaire très énergétique et riche en amidon (concentré et produits céréaliers). Le fort taux de glycémie observé en lactation, pourrait être aussi attribué à la mobilisation du glucose pour la synthèse du lactose du lait (**Deghnouche et al., 2019**). Dans ce sens plusieurs chercheurs recommandent la maîtrise de l'apport exogène en glucose qui doit couvrir au maximum 25 % du besoin total en glucose, pour un équilibre glycémique, l'organisme doit synthétiser le reste du besoin par les différentes voies métaboliques endogènes qui permettent de maintenir la glycémie (**Deghnouche et al., 2019 ; Soriani et al., 2015**). En phase de lactation, les besoins en glucose sont orientés pour la production de lait prioritairement par rapport aux autres tissus. Les besoins de la mamelle pour des vaches Holstein hautes productrices requièrent plus de 90 % de l'apport en énergie et plus de 80 % de l'apport en protéines (**Sauvant et al., 2018**).

8.2- Triglycérides

Les valeurs moyennes des triglycérides obtenues chez les trois catégories, C1 (0.72 g/l), C2 (0.77 g/l) et C3 (0.86 g/l), ces valeurs sont supérieures aux valeurs plasmatiques usuelles des triglycérides (0,15 à 0,45g/l) du **WOAH (2022)** et de celles trouvées en Algérie par **Deghnouche et al. (2019)** :0,5 g/l en début de lactation et 0,11 g/l en fin de lactation.

La concentration plasmatique en triglycérides est soumise à de nombreux facteurs de variation (rythme circadien, stress, prise alimentaire), mais elle est un bon indicateur de l'accumulation des triglycérides dans le foie (**Deghnouche et al., 2019 ; Nielsen et al., 2006**). Dans notre diagnostic, les triglycérides du prélèvement sanguin effectué ont été stables durant toute la période de la lactation qui a débuté la deuxième quinzaine d'octobre 2022 et terminé, avec le début du tarissement en mi août pour la catégorie 1, la fin août pour la catégorie 2 et le mi septembre de l'année 2023 pour la catégorie 3. La prolongation la période de lactation avec un décalage du tarissement de pré-gestation chez les élevages de catégorie 2 et 3 a entraîné ces variations dans les proportions des triglycérides dans le sang.

8.3- Cholestérol

Les résultats moyens, relevés de 1,56g/l pour la catégorie 1, 1,84 g/l pour la catégorie 2 et 1,91g/l pour la catégorie 3 prouvent une irrégularité dans les pratiques et les régimes alimentaires adoptés par rapport aux valeurs sanguines usuelles pour le cholestérol total sont de 0,5 -1,5 g/l, des vaches laitières contrôlées avant traite, est une indication d'une bonne conduite alimentaire et du bien être

animal (**Nielsen et al., 2006**). Une grande attention est à prendre pour une sécurité sanitaire du cheptel laitier au niveau des élevages de catégorie 2 et de catégorie 3. Le cholestérol, stérol le plus abondant dans les tissus, est la source de la plupart des stéroïdes. L'effet de l'apport alimentaire sur la cholestérolémie des vaches en lactation est variable selon certains auteurs varie de 0,6 à 0,76g/l pour des vaches de race Prim Holstein (**Deghnouche et al., 2019**). Les teneurs plasmatiques en cholestérol augmentent lorsque la ration est riche en matières grasses protégées (**Alves, 2007**). D'autres auteurs confirment que les taux de cholestérol sérique sont modifiés en hausse, en phase de lactation, par plusieurs facteurs : la composition de la ration alimentaire et l'âge des vaches laitières (**Nielsen et al., 2006**). Ce phénomène est accentué chez des vaches multipares avec une alimentation déséquilibrée et à caractère énergétique. Cela confirme notre situation au niveau des élevages de catégorie 2 et 3 où le cheptel est composé à plus de 74,15% de multipares chez la catégorie 2, contre 81,08% chez la catégorie 3 et 62,37% chez la catégorie 1. L'option envisagée, pour une bonne cholestérolémie des vaches en lactation, est de formuler des rations alimentaires à base d'aliments entiers (fourragers) augmentant la rumination et facilitant la disponibilité des nutriments pour la vache laitière en production. D'autres auteurs confirment que la cholestérolémie est soumise à d'importantes variations par rapport aux stades physiologiques. Selon **Purcell et al., 2016** et **Schmitt, 2022**, elle est plus élevée chez les vaches en lactation (de 0,5 à 2 g/l) par rapport aux autres états physiologiques d'une vache multipare notamment lors du tarissement (de 0,5 à 0,85 g/l).

8.4- Evaluation du statut azoté

8.4.1- Protéines totales et albumine

Les analyses biochimiques des exploitations étudiées (Catégories 1, 2, 3) révèlent des niveaux de protéines sanguines spécifiques : les protéines totales (PT) sont de 61 g/l (C1), 48 g/l (C2) et 46 g/l (C3), tandis que l'albumine (ALB) se situe à 21 g/l (C1), 24 g/l (C2) et 26 g/l (C3). Ces valeurs, bien que conformes aux normes de **WOAH (2022)** pour les PT (50-75 g/l) et l'ALB (18-35 g/l) chez la Prim' Holstein, montrent une tendance intéressante : les exploitations de catégorie 1 présentent des taux de PT plus élevés, suggérant un meilleur statut nutritionnel, tandis que C2 et C3 se rapprochent des valeurs usuelles, avec une albumine plus élevée en C2 et C3.

Principalement synthétisées par le foie, ces protéines plasmatiques constituent des indicateurs de l'état nutritionnel et métabolique des animaux, conformément aux travaux d'**Andjouh (2019)** et de **Martins et al. (2022)**. La diminution physiologique des protéines totales observée dans le mois précédant le vêlage, liée aux besoins accrus du fœtus et du placenta et au transfert de nutriments vers la glande mammaire pour le colostrum (**Rice et al., 2019**), explique potentiellement les valeurs plus basses en fin de gestation. La supériorité en protéines totales des vaches de catégorie 1 peut s'expliquer par un apport protéique alimentaire judicieusement équilibré, favorisant la synthèse hépatique d'acide propionique et une disponibilité optimale des acides aminés essentiels, éléments confirmés par **Paudyal et al. (2018)**, **Soberon et Van Amburgh (2017)** et **Taylor et al. (2003)** comme cruciaux pour le maintien du capital protéique.

En contraste, les albumines plus élevées en C2 et C3, combinées à des PT plus basses, pourraient indiquer une redistribution ou une réponse métabolique différente face aux exigences de lactation, où la fonction hépatique reste un marqueur clé. Ces variations confirment l'importance d'une alimentation protéique adéquate pour soutenir la production laitière tout en gérant les défis physiologiques de la lactation et de la gestation.

8.4.2 Urée

Les valeurs trouvées au niveau des 03 catégories d'exploitation sont dans les normes de l'état physiologique étudié : 0,14 g/l pour la C 1, 0,18 g/l pour ceux de C 2 et 0,15 g/l pour la C 3. Les valeurs sanguines normales de l'urémie sont de 0,15 à 0,25 g/L, soit 3 à 5 mmol/L (**WOAH, 2022**). La variation urémique constatée chez les 03 catégories d'élevage est en relation avec les modifications du régime alimentaire. La production de l'urée métabolique établie dans le foie est différente d'une vache à une autre, par rapport à la teneur des composés sanguins excédentaires apportés par chaque ration. En effet, des études, faites en 2021, par l'institut d'élevage « **IDELE** » précisent que l'urée est un produit du métabolisme des protéines et son taux dans le sang peut être un indicateur de l'équilibre de la ration, notamment en termes d'apport azoté et énergétique.

Selon **Andjouh, 2019** et **Sauvant et al., 2018**, l'urée sanguin varie selon l'état physiologique de la vache. Au début et au milieu de gestation l'urémie augmente (0,27 ; 0,26 g/L) et diminue en fin de gestation, dans la période du post – partum et lors de la lactation (0,17 ; 0,16 ; 0,17g/L).

8.4.3 Créatinine

Les valeurs sanguines au niveau des 03 catégories d'exploitation sont dans les normes de l'état physiologique étudié : 10,06 mg/l pour la catégorie 1, contre 12,85 mg/l pour la catégorie 2 et 15,98 mg/l pour la catégorie 3, ces valeurs sont conformes aux valeurs sanguines normales de la créatinine (9 à 16 mg/l)pour une vache laitière Prim' Holstein en production (**WOAH, 2022**). Ces résultats indiquent la bonne conduite sanitaire des animaux en élevage, la sécurité sanitaire des aliments et la prévention des risques inflammatoires des systèmes fonctionnels des animaux en production (digestif, reproducteur et mammaire). La créatinine est un composé chimique issu du métabolisme musculaire, éliminé par les reins. Son dosage sanguin est essentiel pour évaluer la fonction rénale et détecter d'éventuelles anomalies. Sa présence importante est en cas d'atteinte inflammatoire de certains organes, de la paroi de la caillette, de l'utérus, ou par des lésions musculaires. (**Andjouh, 2019 ; Paudyal et al., 2018**).

8.5- Minéraux

8.5.1- Calcium

Selon (**WOAH, 2022**), le taux du calcium total se situe entre 70 et 95 mg/l. Cet intervalle est à préserver dans cette fourchette, en tenant en compte des légères variations qui peuvent se présenter en fonction du stade physiologique de la vache laitière. Les vaches laitières des 03 catégories

d'exploitations ont présenté des valeurs moyennes normalisées entre 72 et 78 mg/l. Le calcium est le plus important cation utilisé exigé par l'organisation mondiale (**WOAH, 2022**) pour les vaches laitières dès les premiers signes de vêlage et durant la lactation. Le calcium est l'un des principaux composants des os et constitue un facteur important, mais souvent négligé, pour assurer une bonne croissance des jeunes vaches et subvenir à leur besoins en production.

L'ensemble des exploitations laitières étudiées ont pu faire face à tout déficit en calcium au moment de la mise bas grâce à la complémentation minérale apportée au niveau de la ration alimentaire journalière. En se référant aux résultats de **Soriani et al., 2015**, l'apport contrôlé de cet élément minéral, a permis son bon métabolisme ruminal, sa bonne absorption intestinale et ainsi la maîtrise de ses pertes par excrétion urinaire.

8.5.2- Phosphore

Le phosphore c'est le second composant majeur de la matrice osseuse après le calcium. Selon **Soriani et al., 2015**, la concentration de ces ions de phosphates dans le plasma est donnée par la mesure du phosphore inorganique qui s'est situé en général chez les vaches laitières des 03 catégories d'exploitation, durant la traite, entre 31 à 35 mg/L.

En synthèse la disponibilité du calcium et du phosphore sanguin dépend de l'apport alimentaire en quantité et en qualité. La source principale est constituée par les végétaux ingérés principalement aux pâturages, les fourrages et les ensilages ; et la seconde par la résorption osseuse. Cela est confirmé chez les élevages de catégorie 1 où les proportions en Ca et en P sont supérieures (78mg/l et 35 mg/l) contre une moyenne respective de 72,5 mg/l et 31 mg/l pour les catégories 2 et 3. Ces deux éléments minéraux fonctionnels sont indispensables et interviennent dans nombreux processus biologiques et notamment la synthèse du lait de qualité. D'autre part, une vache a besoin de ces éléments pour soutenir sa résistance, sa croissance, celle du veau et surtout sa production laitière. De plus, ces minéraux sont importants au bon fonctionnement du rumen, à la production de protéines microbiennes et la production d'enzymes (**Andjouh, 2019 ; Martins et al., 2022**).

L'équilibre phosphocalcique, assuré par l'alimentation (pâturages, fourrages) et la résorption osseuse, est le garant de la performance laitière. Les élevages de catégorie 1, mieux pourvus, affichent des taux supérieurs (78 mg/l de Ca ; 35 mg/l de P), illustrant ce lien direct entre apport et statut sanguin. Ces minéraux soutiennent non seulement la croissance et l'immunité, mais optimisent aussi la fermentation ruminale et la synthèse enzymatique. In fine, une gestion précise de ces nutriments est cruciale pour la production d'un lait de haute qualité.

Tableau 41 : Paramètres biochimiques sanguins des 03 catégories d'élevage durant la lactation.

Exploitation	Albumine	Cholestérol	Créatinine	Glycémie	Triglycérides	Urée	Protéines	Ca	P
Laitière	g/l	g/l	mg/l	g/l	g/l	g/l	Totales	mg/l	mg/l
							g/l		
Normes	18 à 35	0,5 à 1,5	9 à 16	0,5 à 0,8	0,15 à 0,45	0,15 à 0,25	50 à 75	70 à 95	30 à 50
Catégorie 1									
1	19	1,3	8,7	0,65	0,78	0,12	53	83	31
2	17	1,25	10,5	0,92	0,52	0,09	51	78	41
3	22	1,7	11,25	0,85	0,91	0,14	63	81	38
4	19	1,8	9,75	0,82	0,65	0,16	52	77	32
5	25	1,75	8,85	0,91	0,72	0,12	51	82	44
6	21	1,6	10,65	0,68	0,58	0,14	55	74	32
7	16	1,3	12,25	0,63	0,62	0,17	61	75	34
8	26	1,85	9,88	0,67	0,94	0,19	52	76	29
9	21	1,48	8,72	0,83	0,76	0,12	58	74	33
Moyenne	21	1,56	10,06	0,77	0,72	0,14	61	78	35
Catégorie 2									
1	27	1,78	12,45	1,45	0,63	0,21	44	65	24
2	21	1,92	12,88	0,78	0,79	0,12	45	75	32
3	22	1,73	13,56	0,95	0,96	0,16	46	83	37
4	24	1,78	11,38	0,82	0,56	0,18	51	76	32
5	26	1,85	12,75	1,12	0,77	0,21	56	69	27
6	23	1,97	14,08	1,26	0,88	0,17	48	71	31
Moyenne	24	1,84	12,85	1,06	0,77	0,18	48	73	31
Catégorie 3									
1	23	1,96	16,08	1,04	0,97	0,16	49	73	27
2	29	1,88	17,18	1,13	1,05	0,14	44	66	33
3	27	1,95	15,85	1,37	0,73	0,16	47	73	31
4	21	1,85	14,78	1,09	0,8	0,14	42	78	28
5	28	1,87	16,25	0,97	0,68	0,13	45	66	32
6	27	1,92	15,73	0,94	0,92	0,17	48	74	33
Moyenne	26	1,91	15,98	1,09	0,86	0,15	46	72	31

9. Production laitière et performance

Les performances et les modalités actuelles de production laitière dans la wilaya de Mostaganem ont été étudiées dans vingt et un élevages de 2022 à 2023. La mise en valeur de cette production a été définie par rapport à l'importance de la superficie des exploitations, l'ampleur des effectifs et des pratiques alimentaires appliquées.

Le tableau 42 montre la production laitière des exploitations des trois catégories :

Au niveau des exploitations laitières de C1, l'effectif de VL disponible varie de 30 à 160 têtes avec une moyenne de $77,15 \pm 4,15$ têtes. La taille du cheptel est fortement corrélée avec la surface agricole fourragère disponible ($r= 0,75$ avec SAF/VL et $r=0,97$ avec SP/VL (figure 19). Le nombre de VL en production est en moyenne de $62,10 \pm 2,97$, ce qui représente une part de 80,49% dans l'effectif total avec une orientation bien démontrée vers la production laitière.

En moyenne la production laitière totale annuelle étalée sur 287 jours varie de 14750 ± 72 kg à 76100 ± 1465 kg de lait dont 100% de cette production est destinée à la transformation laitière, vers la filiale GIPLAIT, le littoral de Mostaganem. Le rendement laitier est de 6510 à 6650 kg/VL/Lactation. Au niveau des exploitations laitières de catégorie 2, l'effectif de VL disponible varie de 11 à 20 têtes avec une moyenne de $15,17 \pm 4,17$ têtes. La taille du cheptel est fortement corrélée avec la surface agricole fourragère disponible ($r= 0,15$ avec SAF/VL et $r=0,25$ avec SP/VL de la (figure 19). Le nombre de VL en production est en moyenne de $12,08 \pm 3,12$, ce qui représente une part de 79,63% dans l'effectif total avec une orientation bien démontrée vers la production laitière. En moyenne la production laitière totale annuelle étalée sur 306 jours varie de 5419 ± 94 kg à 10162 ± 185 kg de lait dont 100% de cette production est destinée à la transformation laitière, vers la filiale GIPLAIT, le littoral de Mostaganem. Le rendement laitier est de 5448 à 5530 kg/VL/Lactation. .

Au niveau des exploitations laitières de catégorie 3, l'effectif de VL disponible varie de 5 à 10 têtes avec une moyenne de $7,33 \pm 2,33$ têtes. La taille du cheptel est fortement corrélée avec la surface agricole fourragère disponible ($r= 0,1$ avec SAF/VL et $r=0,19$ avec SP/VL de la figure 19). Le nombre de VL en production est en moyenne de $6,02 \pm 0,85$, ce qui représente une part de 82,13% dans l'effectif total avec une orientation bien démontrée vers la production laitière. En moyenne la production laitière totale annuelle étalée sur 323 jours varie de 3017 ± 44 kg à 4133 ± 66 kg de lait dont 100% de cette production est destinée à la transformation laitière, vers la filiale GIPLAIT, le littoral de Mostaganem. Le rendement laitier est de 5300 à 5390 kg/VL/Lactation.

Dans la majorité des exploitations, les vêlages se produisaient entre le 03 septembre 2022 et le 28 septembre 2022. Les 02 traites effectuées durant la journée sont mécanisées dans la majorité des exploitations. Le lait est stocké dans des cuves de réfrigération et la livraison se fait de façon régulière toute les 15 heures à 20 heures de la 1ère traite effectuée. Au Canada, les vaches de race Prim Holstein inscrites aux programmes de contrôle laitier ont une production moyenne par vache de 9442 kg pour 305 jours de lactation soit une moyenne journalière de 30 à 32 kgs par jour (**Gaston, 2015**). Au USA, les troupeaux de cette même race et les plus producteurs réalisent jusqu'à 17000 kg de lait par vache et par lactation (50 à 55 kgs par jour et par vache) (**Purcell et al., 2015**). Cette différence de production s'explique par des pratiques d'élevage et des plans alimentaires plus

optimisés aux États-Unis, notamment en termes de sélection génétique et de gestion de la nutrition.

Sur un ensemble de 21 exploitations englobant les quatre zones géographiques du relief de Mostaganem, le Mont du Dahra, le Plateau, la Vallée de l'Est et la Vallée de l'Ouest. La production moyenne étalée sur 291 jours (moyenne des 03 catégories d'exploitation) ne dépasse pas les 22,45 kgs/vache Prim'Holstein/jour au niveau des exploitations laitières de catégorie 1, 18,90 kgs/vache Prim'Holstein/jour au niveau des exploitations laitières de catégorie 2 et 17,98 kgs/vache Prim'Holstein/jour au niveau des exploitations laitières de catégorie 3 (figure 30). Alors que **Mimi et al (2022)** et **Merdaci et Chemmam (2016)**, rapportent qu'ils ont eu respectivement, avec la même race, pour les régions du Nord Est Algérien, une moyenne de production journalière entre 19,5 et 23,73 kgs/vache/jour.

Il a été constaté que dans les mêmes conditions alimentaires, le déficit énergétique constaté par catégorie d'exploitation, a eu un effet négatif observé chez la race Prim Holstein suivie dans notre étude. Ce même constat a été rapporté, sur la même race, par **Cutillic et al (2011)** au département de Cantal France. L'impact d'un déficit énergétique alimentaire peut varier significativement d'une exploitation agricole à une autre, en raison de divers facteurs tels que la gestion des ressources, les pratiques d'élevage, les conditions de logement, et d'autres spécificités propres à chaque exploitation. L'optimisation de la gestion des ressources alimentaires est cruciale pour améliorer l'efficacité alimentaire des vaches laitières dans les exploitations d'élevage. Une alimentation bien gérée, équilibrée et adaptée aux besoins spécifiques de chaque animal permet d'accroître la production laitière, de réduire les coûts et d'améliorer la rentabilité globale de l'exploitation.

Cette performance moyenne reste en deçà des potentialités de la principale race élevée à savoir la Prim'Holstein. Ceci est le résultat de la non maîtrise de la conduite et des conditions d'élevage notamment, l'autonomie alimentaire, les surfaces fourragères disponibles et le régime alimentaire établi. Cette faiblesse des performances laitières de la principale race « Prim Holstein » est pour diverses explications retenues de l'enquête : Ces explications mettent toutes en avant les difficultés d'adaptation rencontrées par ce type d'animaux exigeants en alimentation (quantité, qualité et rationnement), de gestion et de pratiques d'élevage, éléments non maîtrisés au niveau des catégories d'élevage et rapportés par diverses recherches de **Abdelli et Iguer-ouada, 2017** et **de Yerou et al., 2019**. Aussi, les contraintes environnementales qui s'opposent à une productivité normale sont principalement, la faible valeur alimentaire des fourrages et la diminution de l'efficacité de la transformation des aliments sous la contrainte thermique. Contrainte d'élevage relevé par **Srairi et al. (2007)**. L'augmentation de la température au-delà de la fourchette du confort thermique (+2 à +21°C) crée des difficultés aux vaches pour se refroidir et donc un stress thermique qui provoque une réduction de l'ingestion de la matière sèche. A tout cela s'ajoute une prise de quantités plus

importantes d'eau et une diminution du niveau de production du lait. Constat aussi établi dans ce sens en Algérie par divers chercheurs **Kaouche et al., 2012** et **Matallah et al., 2015**.

Il ressort des éleveurs des 03 catégories d'exploitations étudiées que les vaches importées ont présenté des performances supérieures à celles des vaches nées localement. Cela a été expliqué par **Gaillard et al. (2016)** par le manque de développement corporel de ces dernières élevées en conditions algériennes, étant donné que la production laitière en première lactation est fortement liée à l'état corporel et au format des femelles. Les vaches importées possèdent un bon gabarit qui leurs permettent une grande capacité d'ingestion et une meilleure mobilisation des réserves face à un bilan énergétique négatif (**Madani et al., 2004**). Ce constat rejoint, d'une part celui de **Eulmi et al. (2023)** en Algérie, et d'autre part, ceux de **Hammami et al. (2013)** en Tunisie, **Abou-Bakr et al. (2006)** en Egypte et **Ural (2012)** en Turquie, qui ont tous rapporté que les Holstein importées dans ces pays produisaient plus de lait que celles nées localement.

L'enquête menée aussi sur la disponibilité alimentaire au niveau des trois catégories d'exploitation, a fait ressortir que la région étudiée est devenue vulnérable aux événements climatiques extrêmes, plus fréquents, en particulier les sécheresses continues depuis 2020 ce qui a augmenté l'instabilité du système alimentaire animal. Sous l'effet de la perturbation des chutes pluviométriques et l'augmentation de la température (entre +1.5°C et +2°C) et une diminution des précipitations annuelles (entre - 7% et -10% par rapport à la période de référence, **SMM Mostaganem (2023)**, les résultats observés ont touché surtout les cultures fourragères et la céréaliculture. L'ensemble des régions de Mostaganem ont subi une augmentation importante de la survenue des aléas touchant les activités pastorales, tels que le nombre élevé de journées de canicules accompagné d'un stress hydrique et menant à une baisse des rendements fourragers, ou encore des précipitations spatialement et temporellement irrégulières affectant le développement de la végétation.

Cette vulnérabilité climatique se traduit par une pression sans précédent sur les ressources naturelles, compromettant la résilience des exploitations de Mostaganem. L'amenuisement du couvert végétal spontané et la chute des rendements céréaliers obligent les éleveurs à une dépendance accrue vis-à-vis des marchés extérieurs pour l'achat d'aliments concentrés, dont les prix s'envolent. Ce déséquilibre financier fragilise particulièrement les petites exploitations, incapables de supporter l'augmentation des coûts de production face à un stress hydrique qui tarit les points d'eau pastoraux. À terme, la persistance de ces cycles de sécheresse menace de transformer radicalement le paysage agraire local, poussant le système de production vers une décapitalisation du cheptel et une insécurité alimentaire accrue pour l'ensemble de la filière animale régionale.

Tableau 42 : Production laitière des 03 catégories d'exploitation

	E. VL (têtes) disponible	E. VL (têtes) en production	PL moy. /j /E (en kgs)	Rdt/ VL/ L (kgs)	PL moy./VL /j (kgs)	PV moy. des VL en lactation (kgs)	PL Totale (kgs) annuelle/ Exploitation
Catégorie 1							
E1	45	37	815±12	6610±98	22,12±1.35	605±6.25	22385±235
E2	95	83	1832±26	6535±85	21,97±0.87	614±12.10	50962±1100
E3	41	32	705±10	6590±92	20,86±1.02	625±13.75	20050±460
E4	37	31	665±18	6560±88	22,18±0.58	598±6.87	18625±216
E5	30	25	550±11	6650±102	20,95±0.92	587±7.92	14750±72
E6	90	74	1615±22	6620±112	22,45±0.35	596±10.25	44225±792
E7	160	126	2785±32	6510±93	22,08±0.28	602±11.18	76100±1465
E8	133	105	2310±25	6598±108	21,83±1.03	607±9.08	63895±1008
E9	62	48	1065±14	6575±90	22,10±0.82	620±7.85	29865±385
Catégorie 2							
E1	13	11	202±8	5530±58	18,28±0.25	584±12.10	6525±142
E2	11	9	165±6	5490±62	18,35±0.75	592±10.25	5419±94
E3	13	11	205±12	5510±54	18,47±0.18	587±8.95	6510±108
E4	18	15	275±16	5523±52	18,30±0.48	602±7.45	9092±121
E5	20	17	310±21	5448±55	18,85±0.22	596±10.12	10162±185
E6	16	12	220±11	5480±65	18,38±0.58	580±9.10	6975±115
Catégorie 3							
E1	8	6	107±4	5390±41	17,75±0.32	585±13.25	3623±83
E2	8	7	125±7	5320±38	17,98±0.12	581±10.15	4102±77
E3	5	5	90±3	5300±32	17,82±0.20	587±8.25	3032±52
E4	6	5	88±1.5	5328±37	17,67±0.38	584±10.35	3017±44
E5	10	7	128±9	5358±29	17,96±0.15	586±7.85	4133±66
E6	7	6	110±5	5346±33	17,94±0.23	582±6.95	3518±48

E.VL : Effectif des vaches laitières, P.L moy/j/E : Production Laitière moyenne par jour et par exploitation, Rdt/VL/L : Rendement par Vache Laitière et par Lactation, P.L moy./VL/j : Production Laitière moyenne par Vache Laitière et par jour, PV moy.des VL : Poids vif moyen des Vaches Laitières.

La figure 32 illustre l'évolution de la production laitière moyenne par vache par jour des exploitations des trois catégories :

C1 : La production laitière est évaluée à 20,86 à 22,45 kg/VL/jour avec un pic entre la première quinzaine du mois de janvier et la première quinzaine du mois de mai (période de forte production). Ce pic coïncide, d'une part, avec la période de disponibilité des fourrages verts (l'orge en vert et la luzerne) bien visible sur le plan alimentaire annuel et d'autre part à une bonne ingestion alimentaire facilitée par le confort thermique des vaches laitières. Ces mêmes observations ont été faites par (**Eulmi et al., 2023**).

C2 : La production laitière est évaluée à 18,28 à 18,85 kg/VL/jour avec un pic entre la fin du mois de février et la fin du mois de mai (période de forte production). Ce pic coïncide avec la période de confort thermique à une bonne ingestion alimentaire d'une diversité d'aliments fourragers (des pâturages additionnés au fourrage transformé, de l'ensilage de maïs). Ces mêmes observations ont été faites par (**Eulmi et al., 2023**).

C3 : La production laitière est évaluée à 17,67 à 17,98 kg/VL/jour avec un pic entre la fin du mois de janvier et le début du mois de mai (période de forte production). Ce pic coïncide, d'une part, avec la période de confort thermique à une bonne ingestion alimentaire et d'autre part à la disponibilité du pâturage (herbe vert) bien visible sur le plan alimentaire annuel. Ces mêmes observations ont été faites par (Eulmi et al., 2023).

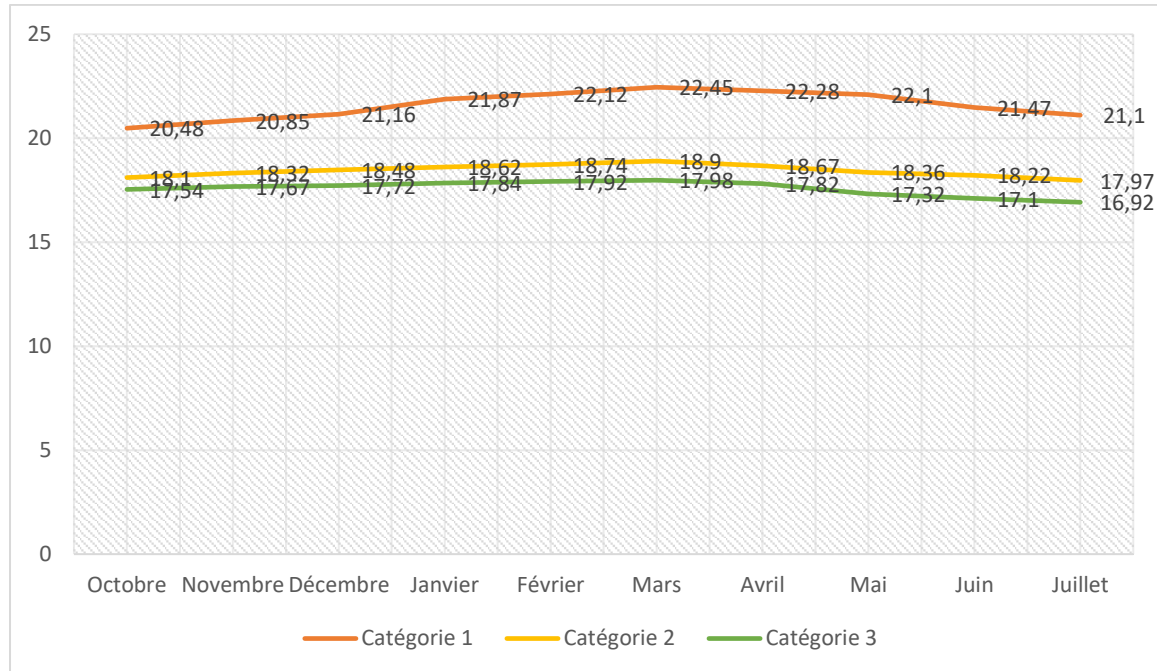


Figure 30 : Évolution de la production laitière moyenne quotidienne/vache/jour au niveau des 03 catégories d'exploitation durant la période 2022-2024

10. Qualité des laits

10.1 Qualité microbiologique des laits

Les résultats synthétisés dans les tableaux 43, 44 et 45 révèlent des niveaux de contamination bactérienne hétérogènes selon les trois catégories d'élevages étudiées. Les charges moyennes en Flore Totale enregistrées sont de 7.10^5 ufc/ml pour la catégorie 1, 9.10^5 ufc/ml pour la catégorie 2 et atteignent $1,3.10^6$ ufc/ml pour la catégorie 3. Ces concentrations excèdent les seuils de qualité établis par la **FAO/OMS (2019)**, qui préconise des valeurs $\leq 5.10^5$ ufc/ml pour la transformation fromagère et des niveaux compris entre 5.10^5 et 8.10^5 ufc/ml pour les laits fermentés. Seul le seuil de $1,2.10^6$ ufc/ml, relatif au lait cru destiné à la consommation directe, est approché ou dépassé.

Ces observations corroborent les travaux de **Medjahed et al. (2021)** ainsi que ceux de **Meskini et al. (2020)** menés dans la même région. Elles rejoignent également les constats de **Montel et al. (2012)** et de **Richard (2016)** en France, soulignant que les charges bactériennes élevées en zones semi-arides sont intrinsèquement liées à des pratiques d'hygiène défailtantes lors de la traite et à un nettoyage insuffisant des équipements et des animaux.

D'un point de vue réglementaire et sanitaire, une charge excédant 10^5 ufc/ml est systématiquement interprétée comme le signe d'une contamination majeure, conformément aux études d'**Aggad et al. (2009)**, **Kazeminia et al. (2023)**, **Laithier (2012)** et **Montel et al. (2012)**, ainsi qu'aux exigences de la réglementation nationale (**JORA, 2016**).

Les résultats révèlent une charge microbienne totale élevée dans l'ensemble des échantillons, particulièrement marquée au sein de la catégorie 3. Cette contamination, persistante tout au long de la période de lactation, témoigne d'un niveau d'hygiène globale perfectible et constitue un indicateur fiable de pratiques de traite inappropriées au sein des exploitations étudiées. Sur le plan technologique, de tels laits sont dépréciés par les industries laitières, notamment en transformation fromagère, en raison des risques accrus d'altérations organoleptiques ou d'accidents de fabrication (**Montel et al., 2012**).

L'analyse microbiologique des 21 exploitations a également mis en évidence une flore pathogène diversifiée, composée essentiellement de coliformes fécaux, *Staphylococcus aureus*, streptocoques fécaux et *Clostridium butyricum*. La flore d'origine fécale, représentée par les coliformes totaux et fécaux, souligne les défaillances d'hygiène lors de la traite : les dénombrements moyens atteignent 75 ufc/ml pour la catégorie 3 et 35 ufc/ml pour la catégorie 2, contre seulement 5 ufc/ml pour la catégorie 1. Toutefois, il est à noter que la charge en coliformes fécaux reste conforme aux exigences réglementaires algériennes, demeurant inférieure au seuil de 10^3 ufc/ml fixé par la norme (**JORA, 2016**).

La contamination du lait par les coliformes peut résulter d'une excrétion mammaire directe, ces bactéries étant des agents étiologiques majeurs des mammites, ou d'une pollution par les eaux de nettoyage souillées (**Aggad et al., 2009**). D'autres vecteurs de contamination environnementale sont déterminants, notamment les litières fortement contaminées qui augmentent la charge bactérienne sur les trayons et la prévalence des infections mammaires. Par ailleurs, les carences d'hygiène lors de la traite et les mauvaises conditions de transport exacerbent ce phénomène (**Cauquil, 2011**). Selon **Montel et al. (2012)**, la présence de coliformes fécaux est fréquemment corrélée à celle d'entérobactéries pathogènes (telles que *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia* et certains biotypes d'*E. coli*), dont le risque sanitaire majeur réside dans la sécrétion de toxines thermostables.

Parmi les agents pathogènes impliqués dans les infections intra-mammaires, *Staphylococcus aureus* et les streptocoques fécaux demeurent les plus incriminés dans les mammites bovines (**Lamontagne et al., 2010 ; Seddar-Yagoub et al., 2023**). Ces germes se distinguent par leur forte prévalence chez la vache laitière, avec des fréquences d'isolement respectives de 30 % pour *S. aureus* et 20 % pour les streptocoques fécaux (**Robinson, 2002**).

Dans la présente étude, *Staphylococcus aureus* a été identifié dans 57 % des exploitations contrôlées, principalement au sein des catégories 2 et 3. Les charges moyennes enregistrées étaient

respectivement de 7 ufc/ml et 32 ufc/ml, tandis que le lait de catégorie 1 en était totalement exempt. Cette présence pathogène, même à des concentrations modérées, représente un risque sanitaire non négligé pour le consommateur en raison du potentiel entérotoxigène de cette espèce.

L'analyse microbiologique révèle la présence de streptocoques fécaux dans 19,05 % des exploitations (soit 4 sur 21), avec une charge moyenne de 1 ufc/ml dans les catégories 2 et 3. À l'inverse, la catégorie 1 en est totalement exempte. Ces résultats s'avèrent inférieurs aux prévalences rapportées dans le Nord de l'Algérie par **Abdelli et Iguer-Ouada (2017)**, **Boufaïda et al. (2012)** ainsi que **Meskini et al. (2020)**, qui ont détecté ce germe dans 65,38 % des élevages (17 sur 26). Bien que souvent considérés comme des pathogènes opportunistes omniprésents dans l'environnement, leur présence dans le lait confirme un défaut global d'hygiène lors de la traite et accroît le risque de gastro-entérites chez le consommateur (**MSD, 2024**).

Concernant les clostridiiums butyriques, aucune des 21 exploitations ne présente de contamination. Cette absence témoigne, d'une part, de la qualité sanitaire des aliments — notamment des ensilages, vecteurs classiques de ce contaminant — et, d'autre part, d'une gestion efficace de l'évacuation des bouses au niveau du quai de traite. La maîtrise de ce germe est cruciale, car il est responsable de pathologies diverses affectant les systèmes digestif, locomoteur, nerveux, reproducteur et respiratoire, ainsi que de mammites (**FAO et FIL, 2005**). En outre, sa présence dans le lait altère les processus technologiques en provoquant le gonflement tardif des fromages (**IDF, 2018**).

La stratification de la qualité microbiologique entre les 03 catégories d'exploitations semble résulter d'un gradient de technicité. La standardisation des protocoles d'hygiène, notamment l'automatisation de la traite et l'inertie des matériaux de contact, agit comme un filtre critique limitant la charge microbienne basale.

L'analyse des résultats microbiologiques met en évidence l'importance de renforcer l'hygiène des étables et des salles de traite par un suivi rigoureux de la propreté tout au long du circuit du lait. Cette maîtrise sanitaire repose sur le respect strict des bonnes pratiques appliquées simultanément aux animaux, au trayeur, au matériel de traite et de stockage, ainsi qu'à l'environnement, qui doit être maintenu propre et bien éclairé. Une attention particulière doit être portée à la qualité bactériologique de l'eau de nettoyage et à l'étanchéité du système de traite (en limitant les aspirations d'air externe) ou de l'environnement de traite manuelle afin de prévenir toute contamination par les poussières.

Selon les données des tableaux 43, 44 et 45, les exploitations des trois catégories présentent une flore lactique dominante, avec des charges respectives de $1,2 \times 10^4$ ufc/ml (C1), 4×10^4 ufc/ml (C2) et $2,7 \times 10^4$ ufc/ml (C3). Ces niveaux atteignent ou dépassent le seuil de précaution défini par la Fédération Internationale du Lait (**IDF, 2018**), qui préconise une limite de 10^4 ufc/ml pour prévenir l'altération du lait avant sa collecte et sa transformation. Bien que cette flore originelle soit

majoritairement composée de micro-organismes acidifiants technologiques utiles, tels que les genres *Lactobacillus*, *Lactococcus* et *Streptococcus* (**Vignola, 2010**), un contrôle rigoureux reste essentiel pour garantir la stabilité du produit brut.

Tableau 43 : Numération microbienne des laits des exploitations de catégorie 1 (UFC/ml)

Exploitation	Flore Aérobie Totale	Coliformes	Coliformes	Staphylococcus	Streptocoques	Clostridiiums	Flore lactique	Flore lactique sur MRS
Laitière Catégorie 1	UFC/ml à 37°C	Totaux UFC/ml	Fécaux UFC/ml	Aureus UFC/ml	Fécaux UFC/ml	butyriques UFC/ml	sur M17 UFC/ml	UFC/ml
<u>Normes Lait transformable</u>	<u>$\leq 10^5$</u>	<u>$5 \cdot 10^3$</u>	<u>10</u>	<u>10^3</u>	<u>10^2</u>	<u>Absence</u>	<u>$> 10^4$</u>	<u>$> 10^4$</u>
E1	$7,8 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^3$	27	0	0	0	$2,73 \cdot 10^4$	0
E2	$6,72 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^2$	11	0	0	0	$1,72 \cdot 10^4$	4
E3	$7,3 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^2$	5	0	0	0	$2,1 \cdot 10^4$	8
E4	$6,9 \cdot 10^5$	$7,2 \cdot 10^2$	2	0	0	0	$2,28 \cdot 10^4$	6
E5	$7,25 \cdot 10^5$	10^2	0	0	0	0	$6,1 \cdot 10^3$	2
E6	$6,95 \cdot 10^5$	50	0	0	0	0	$2,2 \cdot 10^3$	1
E7	$7,47 \cdot 10^5$	35	0	0	0	0	$1,8 \cdot 10^3$	0
E8	$5,4 \cdot 10^5$	85	0	0	0	0	$4,6 \cdot 10^3$	3
E9	$6,85 \cdot 10^5$	72	0	0	0	0	$2,2 \cdot 10^3$	0
Moyenne	$7 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^2$	5	0	0	0	$1,2 \cdot 10^4$	3
Ecart-type	0,30	0,5	0,9	0	0	0	0,95	0,9
Max	$7,8 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^3$	28	0	0	0	$3 \cdot 10^4$	10
Min	$5,4 \cdot 10^5$	$7,5 \cdot 10^2$	2	0	0	0	$1,5 \cdot 10^3$	1

Cette prédominance de la flore lactique, bien qu'intrinsèquement liée au microbiote originel du lait, révèle une dynamique d'acidification spontanée qui menace la stabilité physico-chimique de la matière première avant même sa transformation. Pour la communauté scientifique, ces résultats suggèrent que le dépassement du seuil de l'**IDF (2018)** ne doit pas être perçu uniquement comme une charge bactérienne, mais comme un indicateur précoce d'une rupture de la chaîne de froid ou d'une hygiène de traite permissive. Une caractérisation moléculaire plus poussée des souches de *Lactobacillus* et *Lactococcus* permettrait de distinguer les ferments d'intérêt technologique des agents d'altération prématurée. L'enjeu futur réside dans l'équilibre entre la préservation de cette biodiversité microbienne utile et la maîtrise des risques sanitaires par des protocoles de nettoyage optimisés. Ainsi, la surveillance de la flore lactique devient un outil de pilotage stratégique pour garantir l'aptitude technologique du lait en zone de collecte.

Tableau 44 : Numération microbienne des laits des exploitations de catégorie 2 (UFC/ml)

Exploitation	Flore Totale	Coliformes	Coliformes	Staphylococcus	Streptocoques	Clostridiums	Flore lactique	Flore lactique
Laitière	UFC/ml	Totaux	Fécaux	Aureus	Fécaux	Butyriques	sur M17	sur MRS
Catégorie 2	à 37°C	UFC/ml	UFC/ml	UFC/ml	UFC/ml	UFC/ml	UFC/ml	UFC/ml
<u>Normes Lait transformable</u>	<u>< 10⁵</u>	<u>5.10³</u>	<u>10</u>	<u>10³</u>	<u>10²</u>	<u>Absence</u>	<u>> 10⁴</u>	<u>>10⁴</u>
E1	11,5 10 ⁵	6,0 10 ³	75	12	0	0	3,66 10 ⁴	0
E2	9,1 10 ⁵	1,6 10 ³	65	9	0	0	1,92 10 ⁴	0
E3	9,6 10 ⁵	2,2 10 ²	25	11	0	0	2,81 10 ⁴	0
E4	5,8 10 ⁵	2 10 ²	12	3	0	0	4,35 10 ⁴	0
E5	9,2 10 ⁵	1,1 10 ²	8	1	2	0	3,8 10 ⁴	0
E6	9,4 10 ⁵	3 10 ²	25	7	4	0	7,05 10 ⁴	0
Moyenne	9 10 ⁵	1,4 10 ²	35	7	1	0	4 10 ⁴	0
Ecart-type	0,5	0,95	0,9	0,9	0,75	0	0,7	0
Max	11,5 10 ⁵	6 10 ³	80	15	4	0	7,5 10 ⁴	0
Min	5,8 10 ⁵	1 10 ²	5	1	1	0	2 10 ⁴	0

Tableau 45 : Numération microbienne des laits des exploitations de catégorie 3 (UFC/ml)

Exploitation	Flore totale	Coliformes	Coliformes	Staphylococcus	Streptocoques	Clostridiums	Flore lactique	Flore lactique
Laitière	UFC/ml	Totaux	Fécaux	Aureus	Fécaux	Butyriques	sur M17	sur MRS
Catégorie 3	à 37°C	UFC/ml	UFC/ml	UFC/ml	UFC/ml	UFC/ml	UFC/ml	UFC/ml
<u>Normes Lait transformable</u>	<u>< 10⁵</u>	<u>5.10³</u>	<u>10</u>	<u>10³</u>	<u>10²</u>	<u>Absence</u>	<u>> 10⁴</u>	<u>>10⁴</u>
E1	2,7 10 ⁶	2 10 ²	52	23	0	0	2,45 10 ⁴	0
E2	3,4 10 ⁵	4,2 10 ²	115	34	0	0	4,75 10 ⁴	0
E3	3,1 10 ⁶	3,8 10 ³	178	55	3	0	3,14 10 ⁴	0
E4	4,2 10 ⁵	1,8 10 ²	43	18	0	0	2,02 10 ⁴	0
E5	9,3 10 ⁵	1,35 10 ³	38	22	0	0	2,35 10 ⁴	0
E6	3,6 10 ⁵	9,1 10 ²	27	37	2	0	1,65 10 ⁴	0
Moyenne	1,3 10 ⁶	1,15 10 ³	75	32	1	0	2,7 10 ⁴	0
Ecart-type	0,9	0,6	0,85	0,7	0,65	0	0,7	0
Max	3,2 10 ⁶	4 10 ³	180	58	3	0	4,8 10 ⁴	0
Min	3,2 10 ⁵	1,5 10 ²	25	15	1	0	1,5 10 ⁴	0

Le tableau 46 illustre l'identification phénotypique des 78 isolats de bactéries lactiques par les galeries API, a permis de déterminer une dominance avec :

- 27% *Lactococcus lactis* soit 21 souches présumées
- 21% *Enterococcus faecium* soit 16 souches présumées
- 14% *Enterococcus faecalis* soit 12 souches présumées
- 14% *Lactococcus lactis* subsp diacetylactis soit 11 souches présumées
- 12% *Lactococcus lactis* subsp cremoris soit 09 souches présumées
- 12% *Lactobacillus acidophilus* soit 09 souches présumées

La comparaison des résultats obtenus dans ce travail avec ceux des autres travaux sur des produits similaires en Algérie (**Dahou et al., 2015 ; Medjahed, 2021**), mais aussi dans d'autres pays (**Axelsson, 2004 ; Labrie, 2015 ; Montel, 2012; Sharma, 2006**), permet de conclure que les laits des 21 exploitations étudiées présentent une biodiversité en flore lactique utile leur conférant ainsi des aptitudes technologiques diverses à valoriser.

La présence des 02 espèces d'un grand intérêt technologique : *Lactococcus lactis* (dans tous les laits des exploitations des catégories 1, 2 et 3) et *Lactobacillus acidophilus* (dans les laits des élevages de catégorie 1 soit de 07 exploitations). Selon les données de la Fédération Internationale de Laiterie (IDF, 2018), les *Lactococcus* lactiques sont des acteurs majeurs dans l'élaboration des produits laitiers fermentés et des fromages. Présentes naturellement dans le lait cru, ces bactéries lactiques autochtones constituent des indicateurs pertinents de sa qualité technologique. Sur le plan biotechnologique, *Lactococcus lactis*, membre de la famille des *Streptococcaceae*, est une bactérie mésophile (croissance optimale proche de 30 °C), anaérobie aérotolérante, dont le métabolisme hétérotrophe est de type homofermentaire.

Les enterocoques lactiques (*Enterococcus faecium* et *Enterococcus faecalis*) jouent un rôle essentiel dans la production de laits fermentés et sont redoutés et évités dans toutes les fabrications fromagères. Ils sont, d'après l'**IDF (2018)**, considérés comme des contaminants non naturels et qui peuvent être apportés par les trayons, le matériel de traite et de stockage du lait.

Les deux sous-espèces lactiques *L. lactis* subsp, *lactis* et subsp *cremoris* sont largement utilisées dans les levains laitiers pour la fabrication de fromages ou d'autres produits laitiers fermentés. Le biovar isolé de la sous-espèce *lactis*, nommé diacetylactis, est capable de métaboliser les citrates en diacétyle et acétoïne, conduisant à la flaveur caractéristique des fromages frais.

Enfin, *Lactobacillus acidophilus* est une bactérie lactique de la famille des *Lactobacillaceae* : homofermentaire obligatoire, croissant à 35-45 °C pour la plupart des souches et ne croissant pas à moins de 15 °C et à plus de 45-48 °C suivant les souches et anaérobie (c'est le lactobacille le moins tolérant à l'oxygène). Selon l'**IDF (2018)**, ce lactobacille (*Lactobacillus acidophilus*) trouve son

origine dans le tractus digestif des animaux, où il réside aussi dans la flore vaginale. Classé comme probiotique, il est utilisé dans les laits fermentés type acidophilus, la fabrication de certains fromages traditionnels et comme agent anti-infectieux intestinal dans divers produits.

Tableau 46 : Identification phénotypique des 78 isolats de BL par les galeries API

Exploitation Laitière	Par API 50 CHL Lactococcus lactis	Par API 50 CHL Lactococcus lactis subsp Cremoris	Par API 50 CHL Lactococcus lactis subsp diacetylactis	Par API 20E Enterococcus faecium	Par API 20 ^E Enterococcus faecalis	Par API 50 CHL Lactobacillus acidophilus
E1/ Catégorie1	1	0	1	1	0	0
E2/ Catégorie1	1	1	1	1	0	0
E3/ Catégorie1	1	0	0	1	1	1
E4/ Catégorie1	1	0	0	1	1	1
E5/ Catégorie1	1	0	1	1	0	1
E6/ Catégorie1	1	1	1	1	1	2
E7/ Catégorie1	1	0	1	0	1	2
E8/ Catégorie1	1	0	1	0	2	1
E9/ Catégorie1	1	1	0	1	0	1
E1/ Catégorie2	1	0	0	1	1	0
E2/ Catégorie2	1	0	1	1	0	0
E3/ Catégorie2	1	1	0	0	1	0
E4/ Catégorie2	1	1	0	1	0	0
E5/ Catégorie2	1	0	0	2	1	0
E6/ Catégorie2	1	0	1	0	0	0
E1/ Catégorie3	1	1	1	0	0	0
E2/ Catégorie3	1	0	0	1	1	0
E3/ Catégorie3	1	1	1	1	0	0
E4/ Catégorie3	1	0	1	1	0	0
E5/ Catégorie3	1	1	0	0	1	0
E6/ Catégorie3	1	1	0	1	1	0
Isolats identifiés	21	9	11	16	12	9

10.2- Qualité physico-chimique des laits

Les tableaux 47, 48 et 49 montrent les caractéristiques physico-chimiques des laits des 03 catégories d'exploitations laitières est une moyenne des résultats obtenus sur la période de la lactation.

10.2.1- Extrait sec total

Les échantillons de lait contrôlés sur toute la période de lactation ont une teneur moyenne en matière sèche entre 11,88 et 12,10%. D'après les résultats, nous constatons que les teneurs en matière sèche du lait de vache avoisinent les normes de l'**IDF (2018)** soit en moyenne proche de 11,5 à 13 % en EST et de 8,5 à 10% en ESD. (Annexe 02 : Normes de conformité).

La catégorie 1 ont eu une moyenne en ESD de 8,86% et en EST de 12,10%, ceux obtenus de la catégorie 2 ont eu un ESD moyen de 8,71% et un EST moyen de 12,09% et enfin ceux de la catégorie 3 un ESD de 8,5% et un EST de 11,88%.

Les valeurs obtenues dans cette étude sont proches de celles enregistrées : par **Belkheir et al. (2015)** qui sont de 10,9 % en E.S.T et 7,8% en E.S.D pour les laits collectés dans la grande Kabylie, Algérie. Dans l'Ouest Algérien, **Bouamra et al. (2019)** rapportent des teneurs en E.S.T de 12,2% avec une variation de 10,4 à 12,9 % et un taux de 8,9 % en E.S.D. Par contre, **Matallah et al. (2017)** ont enregistré, sur la région Nord Est Algérien, des valeurs moyennes de 8,5% pour l'ESD et de 11,9% pour l'EST.

Un équilibre dans le rationnement alimentaire du cheptel laitier influe sur l'extrait sec total du lait EST, puisque les éléments qui le composent, essentiellement les glucides, les lipides, les protides et les sels minéraux) proviennent de l'alimentation.

Par contre, on remarque sur la moyenne des résultats de l'ESD, les valeurs moyennes ne dépassent pas une moyenne de 8,86%. Ces résultats se situent hors de l'intervalle (9 à 9,5%) fixé par les industries laitières spécialisés dans la transformation fromagère et s'adapte bien avec le cahier des charges (8,4 à 8,8%) des laiteries assurant la production des produits gras (dont les crèmes fraîches et le beurre).

10.2.2- Taux butyreux

D'après les résultats de la matière grasse obtenus, nous remarquons que la teneur moyenne en matière grasse de nos échantillons de lait de vache varie entre 3,28 à 3,4%. La norme préconisée par l'**IDF (2018)** se situe entre 3 et 3,8%.

Les valeurs extrêmes se situent entre 3,5 et 3,7 % respectivement pour les 3 catégories d'exploitations laitières. Les valeurs moyennes du taux de matières grasses de cette présente étude sont conformes à la norme de 3 à 3,8 % préconisée par l'**IDF (2018)**. Les valeurs moyennes minimales se situent au niveau des 03 catégories d'élevage entre 3,0 et 3,1%.

Cette teneur conforme à la norme rentabilise nos laits par leur standardisation-écrémage pour la production d'une part des produits gras (beurre et crème fraîche) et d'autre part des produits laitiers

avec des G/S conformes.

Les fluctuations des teneurs en matière grasse est sous l'influence des conditions d'élevage telles que le stade de lactation, l'alimentation et les pratiques adoptées à la traite, au stockage et à la manipulation des laits (**Rico et al. 2014 ; Tedde et al. 2021**).

Le taux butyreux TB est une caractéristique importante du lait. Le TB conditionne la valeur marchande du lait destiné aux industries laitières spécialisées en production des produits gras (crèmes fraîches et beurres), plus le TB sera élevé par rapport à une référence et plus le lait sera payé cher au producteur.

La texture des produits laitiers fermentés dépend de la teneur du lait en matière grasse. En effet, en plus de la teneur en eau, les proportions d'acides gras qui se trouvent dans le lait déterminent la texture des produits laitiers fabriqués.

10.2.3- Taux protéique

Selon les valeurs moyennes obtenues, nous observons que les échantillons des laits de nos vaches laitières présentent des niveaux acceptables pour la catégorie 1 (3,14%) alors que ceux des élevages de catégorie 2 et 3 sont $< 3\%$ non définies pour une transformation laitière de classes A et B (moyenne de 2,88 à 2,95%). En effet d'après **Mansour (2015) ; Pollott (2004) et Tahlaiti et al.(2020)**, ce taux protéique est non recommandé soit pour la production des laits fermentés ou pour la transformation fromagère qui nécessitent un TP $> 3\%$. Selon les préconisations de l'IDF pour la transformation laitière il est nécessaire de produire des laits atteignant l'ordre de 3,1 à 3,4% de MP. Le niveau protéique des laits étudiés au niveau des élevages de catégorie 2 et 3 (entre 2,88 et 2,95%) rejoint les valeurs indiquées par **Bouamra et al. (2019)**, qui notent des teneurs moyennes en protéines de 2,9% à 3,1% respectivement sur la région de l'ouest algérien et sur la même période de la lactation. En revanche **Boukhalfa et al. (2019)**, rapportent des teneurs de 2,85 à 2,9% pour les laits analysés et obtenus des élevages de l'Est Algérien. La faible teneur en protéines du lait étudié au niveau des catégories 2 et 3 peut s'expliquer par le type d'alimentation mal formulée pour l'atteinte du taux protéique des laits produits. **Belkheir et al. (2015)** et **Mansour (2015)**, affirment que l'attribution aux vaches laitières de quantités élevées en produits céréaliers et en concentré, constituent une cause pour la diminution des protéines et pour l'élévation de la matière grasse du lait.

Les protéines du lait sont composées de deux grandes familles. La première est constituée des caséines qui représentent environ 80 % des protéines vraies. La seconde regroupe les protéines solubles qui sont constituées essentiellement de la bêta-lactoglobuline, de l'alpha-lactalbumine et des immunoglobulines. Le taux protéique est une caractéristique importante du lait et conditionne la valeur marchande et technologique du lait destiné à une industrie laitière spécialisée en transformation fromagère.

Après la détermination de la matière grasse et de la matière protéique, Le rapport taux butyreux sur

le taux protéique TB/TP est un paramètre essentiel à contrôler au niveau des industries laitières pour l'orientation des laits à la transformation. En effet ce paramètre est important dans l'élaboration des produits dérivés du lait. D'après les valeurs moyennes calculées, le rapport TB/TP des laits issus des exploitations de catégorie 1 est de 1,03 ceux produits des élevages de catégorie 2 et 3 ont eu respectivement un TB/TP de 1,15 et 1,17. Selon **l'IDF (2018)**, en industrie fromagère, ce rapport ne doit pas dépasser 1,2. Un rapport de 1,15 est considéré comme optimum pour l'industrie laitière à savoir la production des laits fermentés. Le niveau moyen de ce rapport dans notre étude est acceptable. En effet la réussite d'un élevage laitier, est par l'obtention des TB/TP des laits aux seuils de l'équilibre avec des valeurs comprises entre 1 et 1,15 et sans dépasser la valeur maximale de 1,2.

10.2.4- Lactose

Le taux lactose dans le lait des trois catégories (4,5 à 4,57%) est conforme aux normes **IDF (2018)** (entre 4 et 5%). Ces taux moyens varient comme suit :

Entre 4,3 et 4,7% pour les laits des exploitations de catégorie 1, contre 4,25 et 4,68% pour la catégorie 2 et entre 4,2 et 4,67% pour la catégorie 3.

Les résultats restent supérieurs aux teneurs enregistrées dans la même région et dans diverses régions de l'Algérie, déclarées par différents auteurs tels que **Belkhir et al. (2015)** : 3,98%, **Dahou et al. (2021)** : 4,18%, **Matallah et al. (2015)** : 3,93% et **Tahlaiti et al. (2020)** : 4,16%.

Cette maîtrise des taux de cet élément fonctionnel nécessaire à la transformation laitière (en fermentation lactique) est suite aux bonnes mesures d'hygiène appliquées sur le matériel et sur les accessoires de la traite au niveau de l'ensemble des exploitations qui ont minimisé les contaminations microbiennes et ainsi limité les altérations et les pertes du lactose du lait.

Le lactose est un disaccharide présent en solution dans le lait dont il constitue le principal composant solide. Ce sucre sert de substrat aux bactéries lactiques lors de la fermentation : en le dégradant en acide lactique, elles provoquent l'acidification nécessaire à la coagulation, étape fondamentale de la transformation fromagère et de la fabrication des produits laitiers.

10.2.5- Taux de mouillage

Le mouillage du lait a été vérifié par cryoscopie conformément au protocole expérimental de la méthode décrite par **Vignola, 2010**.

Le mouillage d'un lait est une opération frauduleuse qui consiste à ajouter de l'eau au lait normal.

Le mouillage entraîne l'abaissement des teneurs en éléments constitutifs du lait et par conséquent la diminution de son extrait sec et une élévation de son point de congélation qui tendra vers 0°C. Selon **l'IDF (2018)**, la Norme du point de congélation d'un lait normal est comprise entre -0,525°C et -0,540°C

Les résultats montrent que les échantillons sont dans l'ensemble conformes. En effet, les laits des exploitations de catégorie 1 ont une valeur moyenne en point de congélation de -0,525°C, contre

-0,523°C (avec un léger taux de mouillage de 0,38%) pour la catégorie 2 et -0,522°C pour la catégorie 3 (aussi avec un léger taux de mouillage de 0,57%). On constate de légères fluctuations entre les catégories et les différentes exploitations qui sont dues à l'alimentation différente d'une part et d'autre part à l'abreuvement différent qui a engendré des légers taux de mouillage au niveau des catégories 2 et 3 mais qui restent dans la fourchette de conformité établie par **l'IDF (2018)**.

10.2.6- Teneur en matière minérale

D'après les résultats, les valeurs moyennes obtenues en matière minérale sur les laits étudiés sont en dessous de la norme tolérable par **l'IDF (2018)** Référence ISO 707/ F.I.L octobre 2018 soit chez les vaches laitières des exploitations de catégories 2 et 3 (autour de 0,68 à 0,69% pour une norme de (0,7 à 0,8%). Les échantillons de lait des exploitations de catégorie 1 ont présenté une moyenne tolérable sur toute la période de lactation (0,72%).

La fraction minérale du lait joue un rôle important en technologie laitière et plus précisément fromagère (coagulation-synérèse et texture du caillé fromager). En effet toute modification dans la répartition minérale se répercute sur les propriétés technologiques des laits et les propriétés rhéologiques du coagulum (**Eck et Gillis, 2006 ; Mahaut et al. 2000 ; Merigaud et al. 2009**)

10.2.7- pH

À travers les résultats les valeurs du pH des échantillons de lait sont normalisées chez les vaches en production et se situe entre 6,66 et 6,69 (norme de **l'IDF, 2018** de 6,6 à 6,8).

Toute baisse du pH en dessous de 6,4, favorise la solubilisation des minéraux, la déstabilisation des micelles de caséines conduisant à des pertes excessives au niveau du lactosérum lors de la transformation à influence directe sur la qualité et le rendement de nos fabrications surtout fromagères. Les résultats obtenus durant notre étude correspondent aux normes physico-chimiques préconisées pour le lait cru qui se situent entre 6,6 à 6,8 (**IDF, 2018**). Aussi, selon **FAO et FIL(2005)**, le pH dépend de la teneur du lait en caséine, en sels minéraux, en ions, des conditions hygiéniques lors de la traite, de la flore microbienne totale et de son activité métabolique. Le même auteur affirme que le pH est un indicateur de la fraîcheur du lait ainsi que de sa richesse en éléments nutritifs.**Bouamra et al. (2017), Matallah et al. (2017), Montel et al. (2005) et Ouchene-Khelifi et al. (2017)**, ont déclaré que le pH est un paramètre révélateur des pratiques d'hygiène dans l'élevage et un indicateur de l'état de conservation du lait. La diminution de pH au dessous de 6,6 pourrait s'expliquer par les mauvaises pratiques d'hygiène appliquées lors de la traite. Ces dernières favorisent la contamination rapide des laits et l'action des micro-organismes d'altération en initiant la dégradation du lactose en acide lactique d'où abaissement du pH.

L'aptitude du lait à la transformation s'apprécie à partir d'une qualité du lait pour une affectation technologique appropriée (**Gele et al. 2024 ; Glasser et al., 2008 ; Larbaoui et al., 2013 ; Lawrence et al., 2015**). Aussi l'intérêt nutritionnel du lait réside dans sa richesse en nutriments de

base (protides, lipides et glucides) mais aussi en matière minérale.

Il paraît évident que l'analyse des laits avant leur transformation et leur caractérisation sur le plan physico-chimique peuvent aider à mieux orienter les technologues sur les possibilités de leur exploitation industrielle et leur valorisation efficace

Tableau 47 : Caractéristiques physico-chimiques des laits des exploitations de catégorie 1

Exploitation	Extrait sec	Matière	Extrait	Matière	Lactose	Eau	Point de	Matière	PH
Laitière	Dégraissé	grasse	sec total	Protéique	%	%	de	Minérale	
Catégorie 1	ESD%	MG%	EST%	MP%			congelation	%	
							°C		
Normes	8,5 à 10	3 à 3,8	11,5 à 13	2,9 à 3,5	4 à 5	88 à 92	(-0,520 à -0,530)	0,7 à 0,8	6,6 à 6,8
E1	8,7	3,3	12	3,13	4,7	89	-0,523	0,71	6,68
E2	9,1	3,2	12,3	3,17	4,5	87	-0,526	0,75	6,71
E3	8,9	3,18	12,08	3,12	4,6	88	-0,527	0,73	6,74
E4	9,3	3,07	12,37	3,20	4,45	86,5	-0,528	0,74	6,69
E5	8,68	3,4	12,08	3,11	4,3	87,5	-0,527	0,7	6,72
E6	8,72	3,2	11,92	3,08	4,65	90,15	-0,518	0,72	6,66
E7	8,8	3,35	12,15	3,21	4,6	87,8	-0,526	0,73	6,7
E8	8,74	3,25	11,99	3,08	4,67	90,05	-0,520	0,7	6,68
E9	8,82	3,3	12,12	3,16	4,65	87,15	-0,527	0,73	6,66
Moyenne	8,86	3,25	12,10	3,14	4,57	88,13	-0,525	0,72	6,69
Ecart-type	0,075	0,09	0,04	0,04	0,085	0,04	0,02	0,06	0,01
Mini	8,65	3,05	11,9	3,08	4,3	86,5	-0,518	0,7	6,66
Max	9,35	3,38	12,4	3,22	4,7	90,2	-0,529	0,75	6,75

Tableau 48 : Caractéristiques physico-chimiques des laits des exploitations de catégorie 2

Exploitation	Extrait sec	Matière	Extrait sec	Matière	Lactose	Eau	Point de	Matière	
Laitière	dégraissé	grasse	total	Protéique	%	%	de	Minérale	
Catégorie 2	ESD%	MG%	EST %	MP%			congelation	%	PH
							°C		
Normes	8,5 à 10	3 à 3,8	11,5 à 13	2,9 à 3,5	4 à 5	88 à 92	(-0,520 à -0,530)	0,7 à 0,8	6,6 à 6,8
E1	8,62	3,7	12,32	2,72	4,25	87,1	-0,528	0,68	6,68
E2	8,77	3,5	12,27	2,83	4,4	86,4	-0,53	0,72	6,65
E3	8,7	3,28	11,98	2,78	4,52	87,18	-0,527	0,73	6,65
E4	8,86	3,27	12,08	3,17	4,66	88,2	-0,519	0,67	6,68
E5	8,72	3,34	12,06	3,04	4,68	87,98	-0,519	0,66	6,62
E6	8,56	3,28	11,82	3,15	4,67	88,25	-0,517	0,68	6,71
Moyenne	8,71	3,4	12,09	2,95	4,53	87,52	-0,523	0,69	6,66
Ecart-type	0,035	0,14	0,04	0,13	0,09	0,01	0,02	0,32	0,015
Mini	8,56	3,2	11,80	2,76	4,25	87,1	-0,517	0,65	6,62
Max	8,87	3,7	12,35	3,17	4,68	88,3	-0,528	0,74	6,72

Tableau 49 : Caractéristiques physico-chimiques des laits des exploitations de catégorie 3

Exploitation Laitière Catégorie 3	Extrait sec dégraissé ESD%	Matière grasse MG%	Extrait sec total EST %	Matière Protéique MP%	Lactose %	Eau %	Point de congélation °C	Matière Minérale %	PH
Normes	8,5 à 10	3 à 3,8	11,5 à 13	2,9 à 3,5	4 à 5	88 à 92	(-0,520 à -0,530)	0,7 à 0,8	6,6 à 6,8
E1	8,4	3,5	11,9	2,7	4,2	92,4	-0,518	0,66	6,65
E2	8,58	3,45	12,03	2,85	4,4	87,2	-0,528	0,65	6,67
E3	8,38	3,45	11,83	2,85	4,63	87,86	-0,525	0,7	6,72
E4	8,53	3,2	11,73	3,08	4,58	88,1	-0,523	0,72	6,7
E5	8,68	3,17	11,85	3,05	4,67	87,95	-0,521	0,69	6,67
E6	8,42	3,51	11,93	2,76	4,54	88,17	-0,517	0,66	6,64
Moyenne	8,5	3,38	11,88	2,88	4,5	88,61	-0,522	0,68	6,68
Ecart-type	0,04	0,1	0,03	0,13	0,1	0,06	0,02	0,1	0,01
Mini	8,36	3,15	11,7	2,7	4,2	87,1	0,517	0,65	6,64
Max	8,7	3,55	12,05	3,1	4,68	92,4	0,529	0,73	6,73

10.3 Autres critères de qualité des laits

10.3.1- Résidus d'antibiotiques

Dans cette étude, nous dressons un état des lieux des résidus d'antibiotiques retrouvés dans le lait de vache produit au niveau des 21 exploitations de la région de Mostaganem appartenant aux 03 catégories. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 50 qui résume les détections faites sur les échantillons de lait prélevés au niveau des exploitations des 03 catégories d'élevage. Le suivi effectué a permis d'observer la présence des résidus d'antibiotiques chez 04 exploitations : 01 exploitation de la catégorie 2 et 03 exploitations de la catégorie 3. Le Test Delvotest utilisé a révélé la présence des traces de céphalexine chez l'éleveur 5 de la catégorie 2 et des traces de tetracyclines et de la céphalexine chez les éleveurs 3, 4 et 6 de la catégorie 3.

La détection de résidus d'antibiotiques, sur toute la durée de la lactation des vaches diagnostiquées, au niveau de certaines exploitations laitières de catégorie 2 et 3 est le fait du non-respect par certains éleveurs de certaines règles sanitaires. En effet, le lait provenant de vaches traitées par des antibiotiques doit être éliminé de la collecte pendant la durée du traitement, puis pendant un certain temps d'attente, prescrit par le fabricant du traitement (FAO/OMS, 2019).

Il peut arriver aussi que des résidus d'antibactériens restent présents dans le lait collecté, principalement à cause d'une part du non-respect, souvent accidentel, de ce temps d'attente, d'autre part de la mauvaise observation des recommandations d'utilisation des médicaments, et enfin parfois de contaminations accidentelles lors de la traite (Ben-Mahdi et Ouslimani, 2009 ; Schmitt, 2022). Dans la démarche établie, lors de l'expertise des 21 exploitations laitières, outre la détection il y a eu également identification des antibiotiques présents. En effet d'après plusieurs auteurs

Movassagh et Karami (2010) ; Tarzaali et al. (2008), l'identification permet de reconnaître ceux qui sont ordinairement employés en thérapeutique animale et qui risquent d'induire les antibiorésistances les plus dangereuses pour le consommateur du lait produit.

La détection des résidus d'antibiotiques dans le lait a concerné tous les éleveurs. Le kit Delvotest (DSM Food Specialities) a permis la détection de la présence des bêta-lactamines, des tétracyclines et la céphalexine et du sulfamide par échantillon de lait cru analysé. La reproductibilité du test d'antibiotique s'est faite sur toute la période de rémanance du traitement définie par le fournisseur de l'antibiotique (deux à six semaines)

Dans notre étude, le test par kit Delvotest a permis de fixer les limites maximales de résidus (LMRs) dans la réglementation internationale comme défini en annexe 03.

A partir des premiers résultats obtenus (mentionnés sur le tableau 50) on a pu identifier sur 06 exploitations des élevages laitiers de catégories 2 et 3, soit sur les échantillons de lait de 09 vaches en 1ère phase de lactation des résidus d'antibiotiques. Il a été décelé, pour la catégorie 2, au niveau de l'exploitation 5, que deux vaches ont été traitées par de la Cephalexin pour cystite aigue non-complicquée. Les traces de cet antibiotique ont dépassé le LMR de 0,1 µg/ml. Pour la catégorie 3, au niveau des exploitations 3, 4 et 6, (01 vache au niveau de l'exploitation 3, 05 vaches au niveau de l'exploitation 4 et 01 vache au niveau de l'exploitation 6). 05 vaches ont été traitées par la Cephalexin pour cystite aigue non-complicquée et 02 vaches ont été traitées par les tétracyclines pour des infections du pied (cas de boiteries).

La présence de résidus de médicaments vétérinaires antibactériens dans le lait est source de problèmes technologiques, très préoccupants pour l'industrie laitière, surtout lors de la maturation des laits (fromages et laits fermentés) et peut constituer un risque pour la santé publique.

Dans le même contexte **Sulejmani et al. (2012)** confirment que la détection de leur présence dans les laits destinés à la consommation humaine constitue actuellement un des objectifs majeurs des laboratoires officiels de contrôle. Les recherches effectuées par les professionnels laitiers visent à éliminer ces laits des ateliers de transformation par fermentation lactique et à les orienter soit vers l'utilisation pour l'alimentation animale ou à travers des traitements thermiques élevés, assurant la destruction des antibiotiques présents, les orientés vers les laits UHT.

De plus, l'intérêt de cette action a été soulignée par **l'O.M.S. du 31 juillet 2020**, qui rappelle la résistance croissante des entérobactéries aux antibiotiques et déplore l'utilisation incontrôlée des antibiotiques chez l'homme et chez l'animal qui accélère l'apparition des antibiorésistances réduisant ainsi à néant la raison d'être et l'efficacité de ces médicaments.

Pour parer à ces problèmes à risque majeur pour l'industrie laitière (**ONIL, 2023**) et pour la santé publique (**OMS, 2020**), il est indispensable de veiller à un suivi attentif de l'évolution des pratiques thérapeutiques en médecine vétérinaire, et des pratiques en élevage pour pouvoir anticiper les probables résidus.

Tableau 50 : Résidus d'antibiotiques détectés au niveau des catégories d'élevages laitiers étudiés

+ : présence de résidus d'antibiotiques

	Résidus d'antibiotiques recherchés			
EXPLOITATION	BETA	TETRA	CEPHA	SULFAMIDES
LAITIERE	LACTAMINES	CYCLINES	LEXINE	
<u>Normes</u>	<u>Absence</u>	<u>Absence</u>	<u>Absence</u>	<u>Absence</u>
Catégorie 1				
E1	Absence	Absence	Absence	Absence
E2	Absence	Absence	Absence	Absence
E3	Absence	Absence	Absence	Absence
E4	Absence	Absence	Absence	Absence
E5	Absence	Absence	Absence	Absence
E6	Absence	Absence	Absence	Absence
E7	Absence	Absence	Absence	Absence
E8	Absence	Absence	Absence	Absence
E9	Absence	Absence	Absence	Absence
Catégorie 2				
E1	Absence	Absence	Absence	Absence
E2	Absence	Absence	Absence	Absence
E3	Absence	Absence	Absence	Absence
E4	Absence	Absence	Absence	Absence
E5	Absence	Absence	+	Absence
E6	Absence	Absence	Absence	Absence
Catégorie 3				
E1	Absence	Absence	Absence	Absence
E2	Absence	Absence	Absence	Absence
E3	Absence	Absence	+	Absence
E4	Absence	+	+	Absence
E5	Absence	Absence	Absence	Absence
E6	Absence	Absence	+	Absence

10.3.2- Urée dans le lait

L'urée du lait déterminé a été un autre indicateur utilisé pour piloter l'alimentation azotée des vaches laitières. Son analyse effectuée au niveau des 21 exploitations étudiées a été d'une aide précieuse.

Le tableau 51 présente le dosage de l'urée en mg/l dans les échantillons de lait des vaches laitières des 03 catégories , nous a permis de déceler les imperfections sur les régimes alimentaires et leur apport protéique aux animaux en production.

La dose moyenne en urée pour les laits de vache sur le cheptel contrôlé se situe en moyenne au-dessus de 200 mg/l pour les élevages de catégorie 1 (561 vaches) et entre soit entre 180 et 188 mg/l pour ceux des catégories 2 (75 vaches) et 3 (36 vaches).

L'interprétation des résultats des doses moyennes obtenues sur les échantillons de lait durant la période de la lactation est établie par **l'INRAE (2020)** :

- 1- $\geq$ à 200 mg/l : Ration équilibrée pour les 561 vaches en lactation de la C1
- 2- $<$ 200 mg/l : Pour les 111 vaches en lactation des C2 et C3, le taux d'urée est inférieur à 200mg/l, cela révèle un déficit en protéines dégestibles (PDI) dans la ration, nécessitant une révision de l'apport azoté.

Le taux d'urée excrétée dans le lait est très fortement corrélé au taux d'urée dans l'urine, **Martins et al. (2022)** ; **Sauvant et al. (2018)**. Aussi lorsque le taux d'urée dans le lait baisse, cela est souvent interprété comme un déficit d'azote soluble dans la ration. C'est à dire un déséquilibre entre l'azote et l'énergie disponible pour les microorganismes du rumen.

Ce déséquilibre entre azote et énergie est une problématique de premier degré pour une alimentation d'un troupeau laitier en production (**Kebbal et al., 2026** ; **Peyraud et Delagarde, 2013**). En se référant à des suivis similaires réalisés par **McGuffy (2017)** ; **Maltz et al.(2013)** ; **Mansour(2015) et Ponter (2016)**, le maintien d'un TP du lait $>$ à 3% pour des vaches de Prim' Holstein conduira à leur amaigrissement, car elles vont puiser dans leur réserve pour d'une part trouver de l'azote soluble et de l'énergie et d'autre part produire du lait .

Tableau 51 : Dosage de l'urée des laits sur le cheptel contrôlé des 03 catégories d'élevage

Catégorie 1	Urée mg/l	Catégorie 2	Urée mg/l	Catégorie 3	Urée mg/l
E1	199	E1	188	E1	181
E2	207	E2	179	E2	177
E3	196	E3	192	E3	174
E4	208	E4	186	E4	183
E5	198	E5	189	E5	178
E6	203	E6	193	E6	186
E7	206				
E8	203				
E9	197				
Moyenne	202		188		180

10.3.3- Dénombrement des cellules somatiques dans le lait

Le tableau 52 montre que les résultats du test CMT, réalisé sur le cheptel laitier des 21 exploitations ont été positifs chez 5,21% des vaches, Avec 2,14% pour les vaches laitières dépistées de C1, 10,67% pour celles de C2 et 13,89% pour la C3. Ces résultats sont inférieurs à ceux rapportés par **Saidi et al. (2012)**, 25% dans les régions du centre algérien et par **Bouزيد et al. (2011)**, 15,1% dans les régions de l'Est algérien.

Les conséquences de la mammites subclinique observée sur certaines vaches de la C2 et C3 ont entraîné des dommages de tissus et l'altération de la sécrétion lactée. Ceci s'est répercuté sur la diminution de la production laitière et une dégradation de la qualité du lait (qualité hygiénique et indicateurs de salubrité notamment les cellules somatiques). Il est difficile d'évaluer correctement la perte de rendement, car les quartiers mammaires non infectés tendent à compenser partiellement la baisse de production des quartiers atteints. Ces exploitations doivent mettre en place un protocole de mesures prophylactiques et de traitement pour prévenir la contamination et la propagation des germes identifiés. (Aggad et al., 2009 ; Belhadi, 2011; Benaissa, 2010 ; Reneau et al., 2005 ; Veissier et al., 2012).

Les cellules somatiques sont dénombrées dans le lait, d'une part dans le cadre du cahier des charges qualité hygiénique défini par les laiteries du groupe GIPLAIT et d'autre part dans le cadre des critères instaurés par l'IDF en 2018. Les teneurs en cellules somatiques ne doivent pas dépasser le seuil réglementaire fixé ($400\,000 < \text{cellules/ml de lait} \leq 200\,000$).

Tableau 52 : Vaches laitières atteintes de mammites subcliniques par catégorie d'exploitation

Vaches examinées	Catégories d'exploitation				
	1	2	3	Total	%
Dépistées	561	75	36	672	100
CMT+	12	08	05	35	5,21
% atteintes	2,14	10,67	13,89	/	/

La Figure 31 illustre les trajectoires moyennes des cellules somatiques (CS) selon les trois types d'exploitations analysées. Bien que des distinctions soient observées entre les catégories, la tendance générale révèle une diminution progressive des niveaux de CS, une tendance qui perdure depuis le début de la première phase de lactation (octobre 2022) jusqu'à la fin de celle-ci (mi-juillet 2023), indiquant une baisse continue.

L'étude épidémiologique des mammites permet de dégager le modèle dominant de contamination dans l'élevage et de donner une orientation pour identifier les facteurs de risques (machine à traire, ambiance du bâtiment, traitements d'infection mammaires,...).

Globalement, les indicateurs de dynamique d'infection mammaire sur la région étudiée sont en amélioration continue depuis le lancement de cette étude (de 2022 à 2024). En effet, en matière de prévention, la maîtrise de la technique et de l'hygiène de traite ont joué un rôle majeur. Un protocole commun a été mis en place assurant le bon fonctionnement de la machine à traire et avec une adoption d'une procédure au nettoyage des trayons avec un trempage et désinfection avec un produit biocide (avant et après la traite). Pour les exploitations de catégorie 1, la prévention se joue au quotidien : entretien des surfaces de

couchage, vigilance pour la détection des mammites.... Deux indicateurs de la **WOAH (2022)**, pris comme références par les vétérinaires, déclenchent en urgence une action préventive contre les mammites : un taux de mammites cliniques supérieur à 5% ou un taux de cellules supérieur à 300.000 cellules par ml.

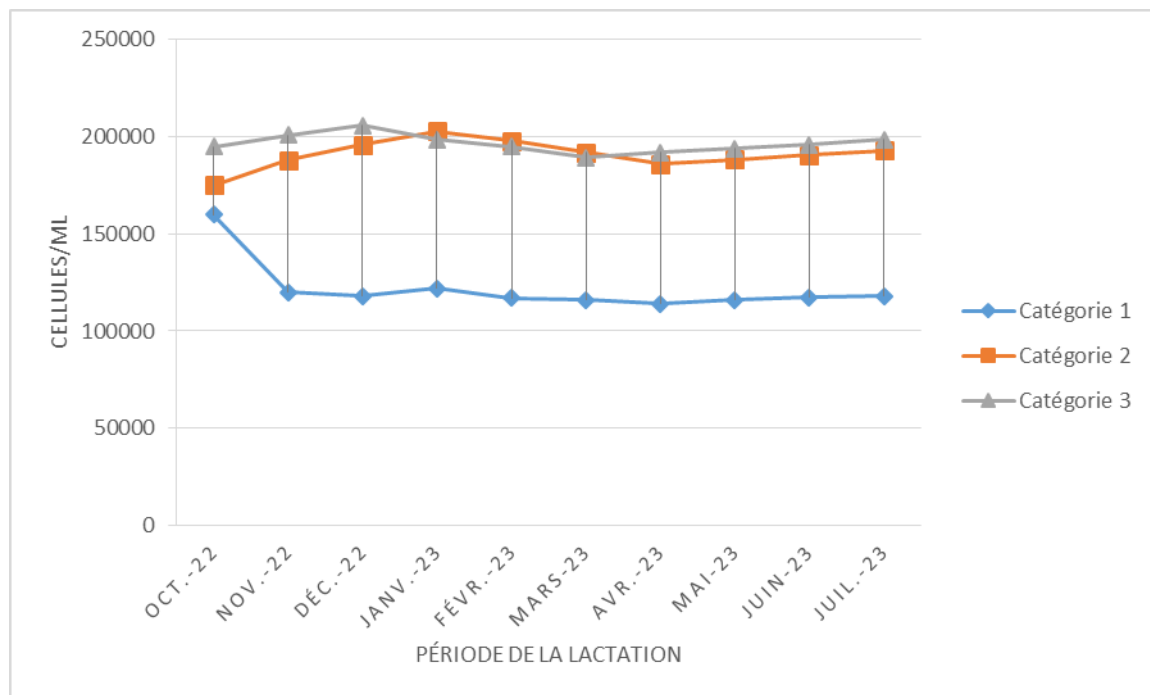


Figure 31 : Evolution moyenne du dénombrement des cellules somatiques sur les laits des 03 catégories.

10.3.4- Lactofermentation des laits

Le test réalisé sur les laits des 03 catégories d'exploitations a donné une indication globale d'une part sur l'aspect des caillés obtenus après fermentation - coagulation par acidification et sur la nature des flores présentes et leurs synergies.

Selon le tableau 53, les laits des exploitations de C1 ont présenté à 78% (7 exploitations sur 9) des gels homogènes, avec des caillés fermes, avec peu d'exsudation de sérum et une légère présence de petites bulles de gaz régulières. Ces résultats prouvent la dominance de la flore lactique d'intérêt au niveau des laits des exploitations de C1. Les élevages de C1 produisent des laits avec de bonnes aptitudes à la biofermentation ce qui les orientent en transformation laitière à la fabrication des laits fermentés ou à la transformation fromagère avec une standardisation biologique et physique préalable.

Les laits des exploitations de C2 ont présenté d'une part à 67% (4 exploitations sur 6) des gels avec des coagulums irréguliers, et l'apparition de flocons en grumeaux avec exsudation de sérum. D'autre part, le reste 33% (2 exploitations sur 6) a présenté un caillé d'aspect spongieux et irrégulier, dégageant de nombreuses bulles de gaz, avec une expulsion de sérum et une odeur désagréable. La

lactofermentation a confirmé la présence dans ces laits d'une compétition entre la flore d'altération (à dominance fongique) et la flore pathogène à dominance fécale.

Les laits des exploitations de C3 ont présenté d'une part à 67% (4 exploitations sur 6) des gels avec des coagulums irréguliers, et l'apparition de flocons en grumeaux avec exsudation de sérum et d'autre part à 33% (2 exploitations sur 6) un caillé digéré parfois en forme d'éponge, avec expulsion de grande quantité de sérum, formant des poches. Le test a aussi indiqué pour ces laits une présence mixte d'une flore d'altération (à dominance fongique) et d'une autre aussi flore d'altération (à dominance butyrique) qui engendrera sans doute des accidents à la transformation laitière.

Les laits obtenus des exploitations de C2 et C3 sont non aptes pour toute coagulation lactique et ne pourront être proposés pour la fabrication des laits fermentés ou des fromages à caillé lactique.

Tableau 53 : Résultats de l'appréciation de la lactofermentation des laits des 03 catégories d'exploitation

	Test de lactofermentation			
Exploitation	Gel	Gel	Gel	Gel
Laitière	Homogène	Spongieux	floconneux	Digéré
	Note 10	Note 6	Note 3	Note 0
Normes	<u>Gel homogène</u>	<u>Gel homogène</u>	<u>Gel homogène</u>	<u>Gel homogène</u>
E1/ Catégorie 1	/	Positif	/	/
E2/ Catégorie 1	/	Positif	/	/
E3/ Catégorie 1	Positif	/	/	/
E4/ Catégorie 1	Positif	/	/	/
E5/ Catégorie 1	Positif	/	/	/
E6/ Catégorie 1	Positif	/	/	/
E7/ Catégorie 1	Positif	/	/	/
E8/ Catégorie 1	Positif	/	/	/
E9/ Catégorie 1	Positif	/	/	/
E1/ Catégorie 2	/	/	Positif	/
E2/ Catégorie 2	/	/	Positif	/
E3/ Catégorie 2	/	/	Positif	/
E4/ Catégorie 2	/	Positif	/	/
E5/ Catégorie 2	/	Positif	/	/
E6/ Catégorie 2	/	/	Positif	/
E1/ Catégorie 3	/	/	Positif	/
E2/ Catégorie 3	/	/	Positif	/
E3/ Catégorie 3	/	/	/	Positif
E4/ Catégorie 3	/	/	Positif	/
E5/ Catégorie 3	/	/	Positif	/
E6/ Catégorie 3	/	/	/	Positif

La lactofermentation constitue un levier technologique stratégique permettant aux transformateurs d'ajuster leurs procédés aux caractéristiques intrinsèques des laits collectés (**Dahou et al., 2021 ; Tahlaoui et al., 2020**). Toutefois, l'efficacité de cette transformation repose sur la qualité initiale de la matière première fournie par les élevages. Pour garantir un lait sain et conforme aux exigences industrielles, les producteurs doivent impérativement intégrer les Bonnes Pratiques Agricoles (BPA). Celles-ci s'articulent autour de trois piliers fondamentaux : un suivi rigoureux de la santé animale, une gestion optimisée de l'alimentation et de l'abreuvement, ainsi qu'une hygiène irréprochable lors de la traite.

11- Typologie de la qualité et potentiel de transformation du lait

L'analyse multidimensionnelle (ACP et ACH) a révélé une structuration de la variabilité laitière articulée autour de trois pôles, dont la :

Classe 1 (n=62) constitue le socle productif majeur (83,73 % des exploitations). Ce profil se définit par une efficacité zootechnique remarquable chez la Prim'Holstein, avec une persistance laitière oscillant entre 20,86 et 22,45 kg/j.

Sur le plan biochimique, ce lait se distingue par une homéostasie nutritionnelle exemplaire : les taux d'EST (11,9-12,4 %) et de lactose (4,3-4,7 %) s'y conjuguent harmonieusement. L'originalité de ce groupe réside dans la synchronisation des matières utiles (TB/TP), affichant un ratio proche de l'unité (1-1,05). Cette configuration, associée à une aptitude à la lactofermentation de 77,78 %, confère à la matière première une vocation technologique d'excellence pour les caillés lactiques et mixtes.

La dimension sanitaire renforce cette singularité : avec une numération cellulaire de 122 000 cellules/ml, les cheptels affichent une intégrité mammaire optimale, préservée de tout stress physiologique. Cette pureté est consolidée par une absence totale de résidus d'antibiotiques et une urémie maîtrisée (202 mg/l), témoins d'une conduite alimentaire durable et d'une rigueur prophylactique.

Bien que la flore totale (7.10^5 ufc/ml) relègue encore ce segment en classe hygiénique B selon les directives de la **FAO/OMS, 2019**, son potentiel de transformation reste supérieur. En somme, la Classe 1 incarne une synergie entre rendement et aptitude fromagère, offrant une base solide pour le développement de produits fermentés à haute valeur ajoutée, sous réserve d'un renforcement des protocoles d'hygiène de traite.

La Classe 2 (n=13), représentant 19,35 % de l'effectif régional, se définit par une productivité laitière intermédiaire, oscillant entre 18,28 et 18,85 kg/VL/j. Bien que ces rendements s'alignent sur les standards moyens algériens, la singularité de ce groupe réside dans sa composition physico-chimique équilibrée. Les teneurs en EST (11,80-12,35 %), TP (2,76-3,17 %) et TB (3,2-3,7 %) témoignent d'une mobilisation métabolique adéquate, bien que le rapport TB/TP (1,16-1,17),

légèrement supérieur à celui de la Classe 1, suggère un début de déséquilibre énergétique ou une gestion différenciée du régime fibreux. Toutefois, la fragilité sanitaire demeure le point critique : avec une flore totale de 9.10^5 ufc/ml (Classe hygiénique C) et des profils de lactofermentation majoritairement floconneux (67 %) ou spongieux (33 %), la qualité technologique du lait est compromise, limitant son aptitude à la transformation industrielle.

La Classe 3 (n=6), plus marginale (5,36 %), illustre un décrochage productif préoccupant. Avec une moyenne de 17,67 à 17,98 kg/VL/j, ces exploitations se situent sous le seuil critique de rentabilité biologique. En confrontant ces résultats aux référentiels de l'Institut de l'Élevage (**IDELE, 2021**), ce niveau de production constitue, en France ou au Canada, un motif de réforme involontaire pour non-conformité. L'écart phénotypique est flagrant : alors que la Prim'Holstein exprime un potentiel génétique de 9 300 à 9 500 kg/lactation avec un TP cible de 3,18-3,24 %, les performances observées ici révèlent un syndrome d'hypoprosperité. Cette disparité souligne l'inadéquation entre le potentiel génétique importé et les contraintes environnementales ou de conduites locales, plaçant cette classe dans une zone de vulnérabilité économique majeure

Les laits de classe 2 et 3, issus de Prim'Holstein, affichent une composition chimique acceptable (MG: 3,15-3,55%, TP: 2,7-3,1%) mais présentent un déséquilibre technologique, avec un rapport TB/TP élevé (1,15-1,17) lié à une ration riche en concentrés (28,11%), confirme cette étude. Ce profil, caractérisé par une urée < 200 mg/l, corrobore les observations de **Boutry et al. (2014)** sur l'impact des régimes énergétiques méditerranéens, favorisant le taux butyreux au détriment du taux protéique. Cependant, les résultats médiocres du test de lactofermentation (66,67% floconneux) indiquent une aptitude fromagère altérée. Une standardisation par écrémage contrôlé est donc cruciale pour rééquilibrer le rapport TB/TP (1,0-1,05) et garantir un profil fonctionnel optimal pour la transformation.

La conduite des élevages de pointe repose sur une optimisation fine des rations pour prévenir les troubles métaboliques impactant le triptyque qualitatif du lait (TB, TP et urée). Inspirée des travaux de **Pellerin (2021)** à Saint-Hyacinthe, l'utilisation des profils biochimiques en temps réel s'impose comme un outil de pilotage réactif. En Algérie, les études de **Matallah et al. (2015)** et **Ouchene-Khelifi et al. (2017)** confirment que la variabilité de la composition du lait, observée de l'Est au Nord-Ouest, est étroitement liée aux pratiques alimentaires et aux contraintes du climat semi-aride. Ce constat est corroboré en Tunisie par **Houchati et al. (2016)**, soulignant des performances similaires en système hors-sol littoral. Dès lors, la maîtrise de la qualité technologique et nutritionnelle exige une hiérarchisation des facteurs nutritionnels pour stabiliser les constituants biochimiques (Lactose, minéraux) et préserver la flore d'intérêt.

La qualité hygiénique du lait cru s'avère hétérogène, avec une prédominance de classes hygiéniques B et C ($>1,3 \cdot 10^6$ ufc/ml), signalant une rupture des Bonnes Pratiques d'Élevage et de Traite (BPET). Cette forte charge microbienne, corrélée aux conditions de logement, met en exergue l'insuffisance

de l'entretien des machines à traire et l'hygiène mammaire, augmentant le risque d'infections mammaires. Néanmoins, les exploitations de catégorie 1 se distinguent par l'usage rigoureux de détergents, limitant la contamination machiniste et favorisant une microflore d'intérêt technologique (test de lactofermentation positif), contrairement aux catégories 2 et 3 où prédominent les flores d'altération fongique et pathogène fécale. L'optimisation passe impérativement par une prophylaxie accrue et une meilleure maîtrise de l'hygiène au moment de la traite. L'insuffisance du paillage, dictée par l'arbitrage économique privilégiant la paille comme substrat alimentaire, dégrade l'hygiène des litières et exacerbe la pression pathogène environnementale. Ce déficit de pratiques sanitaires, en déphasage avec les progrès techniques, favorise les infections intra-mammaires croisées, même dans les élevages à faible score cellulaire. Face à ce risque, la généralisation du protocole de dépistage précoce des élevages leaders (catégorie 1) s'impose comme le levier stratégique pour rationaliser l'antibiothérapie et sécuriser la santé mammaire du cheptel régional.

12- Corrélations physiologiques entre précurseurs sanguins et synthèse lactée

L'analyse du Tableau 54 révèle des corrélations significatives ($P < 0,01$) entre les glycémies, triglycérides et protéines totales et les constituants du lait (TP, TB, lactose) pour les trois catégories d'exploitations. Un coefficient de corrélation différent de zéro atteste de cette forte association positive. L'étude statistique a révélé une forte corrélation entre les triglycérides du sang et le TB du lait ($r = 0,86$ et $r = 0,88$ avec une $P < 0,01$). Relativement les teneurs moyennes du lait en lactose et en protéines (TP) ont également donné les mêmes proportions en glycémie et en lactose sanguin ($r = 0,82$ et $r = 0,85$ avec une $P < 0,01$). La stabilité des valeurs moyennes des constituants biochimiques durant toute la période de lactation concordent avec la stabilité du plan alimentaire au niveau des exploitations laitières étudiées.

Néanmoins les exploitations laitières de catégories 2 et 3, confrontées au problème d'indisponibilité des fourrages ont adopté une ration basée sur les produits céréaliers, le concentré, un aliment complémentaire du fournisseur ONAB et du pâturage rationné. Ce régime alimentaire a entraîné des variations significatives d'un certain nombre de paramètres biochimiques : la glycémie, les triglycérides et les protéines totales du sang et le TB, le TP et le lactose du lait.

En synthèse, toutes les valeurs moyennes des paramètres biochimiques analysés étaient très proches des valeurs de référence (**IDF, 2018**) et physiologiques (**WOAH, 2022**) rapportées chez les vaches laitières de la race Prim' Holstein ailleurs dans le monde (**FIBL, 2022 ; Gaston, 2015 ; Gotze, 2021 ; INRAE, 2020**). Les protéines totales et les triglycérides constituent la source d'acides aminés et d'acides gras du corps et sont considérées comme des indicateurs de l'état nutritionnel de l'animal (**Martins et al., 2022 ; Mc Guffey, 2017**). En effet, le principal facteur de variation de leur

concentration est l'alimentation (**Adem, 2002** et **Alves, 2007**). Plusieurs auteurs ont noté une corrélation entre le taux d'assimilation des nutriments apportés en alimentation animale et les valeurs biochimiques exprimées d'une part sur le sang et d'autre part sur le lait chez les bovins laitiers (**Dahou et al., 2026** ; **Gaston, 2015** ; **Gotze, 2021**). Les concentrations moyennes des constituants biochimiques n'ont pas montré de différences significatives en fonction des périodes de la lactation. Les résultats similaires ont été rapportés par **Boukhalfa et al. (2019)** et **Buryakov et al. (2022)** chez des vaches laitières de même race, de même âge et au même stade de lactation. La concentration des constituants biochimiques est régulée par des ajustements des taux d'absorption intestinale, salivaire et d'excrétion rénale et la mobilisation corporelle (**Baumont et al., 2009** ; **Boutry et al., 2014**; **Delaby et Pomies, 2004**). A travers l'appréciation des paramètres biochimiques certifiés par la **WOAH (2022)**, il nous a été possible d'estimer l'incidence des trois principaux nutriments sur le profil sanguin des vaches laitières en production et des constituants biochimiques des laits durant toute la période de la lactation. De l'analyse des résultats, il ressort que les paramètres sanguins et les constituants biochimiques du lait reflètent bien l'état nutritionnel et que l'alimentation entraînerait des variations significatives d'un certain nombre de paramètres biochimiques. D'autre part, ces résultats pourraient être utilisés comme référence par les exploitations laitières pour évaluer le statut nutritionnel des vaches laitières et adapter les formulations alimentaires suivant les ressources alimentaires localement disponibles.

Tableau 54 : Corrélation des valeurs moyennes des paramètres biochimiques du sang et du lait

Paramètres	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3	Moyenne	Corrélation r	P	S
Triglycérides (g/l)	0,72	0,77	0,86	0,78	0,86	0,008	*
TB %	3,25	3,4	3,38	3,34	0,88	0,008	*
Protéines totales (g/l)	61	48	46	51,67	0,82	0,006	*
TP %	3,14	2,95	2,88	2,99	0,85	0,006	*
Glycémie (g/l)	0,77	1,06	1,09	0,97	0,82	0,009	*
Lactose %	4,57	4,53	4,5	4,53	0,85	0,009	*

Les constantes biochimiques des vaches laitières Prim'Holstein, conformes aux standards internationaux (**WOAH, 2022**), confirment que le profil sanguin et lacté constitue un miroir fidèle de leur état nutritionnel. Malgré les fluctuations physiologiques, la stabilité de ces paramètres démontre une régulation métabolique efficace dictée par l'apport alimentaire tout au long de la lactation.

CONCLUSION

Conclusion

Cette étude sur les systèmes d'affouragement pour vaches laitières et leur impact sur la production et la qualité du lait, par le biais d'une analyse typologique, a permis d'identifier et de caractériser trois catégories d'élevage bovin laitier dans la wilaya de Mostaganem. Les résultats ont révélé que la disponibilité des superficies fourragères, la taille du cheptel ainsi que les conditions d'élevage sont les facteurs qui discriminent le plus les trois catégories d'élevage. La dotation en terres agricoles est plus importante dans la première catégorie localisée principalement dans le périmètre irrigué du relief géomorphologique de Mostaganem, présentant respectivement les plaines et vallées du Nord, les Monts du Dahra, le plateau de Mostaganem et les plaines des Bordjias. Il est toutefois à signaler que les cultures fourragères présentent une activité secondaire pour la plupart des exploitations laitières, bien que la première catégorie détienne une part plus importante en SAF mais cela reste toujours insuffisant pour combler les besoins alimentaires des troupeaux. Une prédominance est observée dans l'arboriculture, la céréaliculture et les cultures maraîchères occupant plus de terres, car jugée plus rentable, est vue comme une stratégie à la durabilité des exploitations agricoles. Il est à souligner que les aliments destinés aux animaux proviennent en partie de la céréaliculture (fourrages, résidus de récolte, jachères, etc.).

Nous avons constaté, au niveau de la zone d'étude, que l'un des principaux obstacles à la production fourragère vient du climat. La variabilité interannuelle de la pluviométrie constitue un frein à la croissance des cultures et notamment des fourrages. À ceci s'ajoute l'absence d'une stratégie d'irrigation convenable, malgré l'importance du potentiel hydrique de la région d'étude, ce qui a rendu l'approvisionnement en fourrages verts encore plus difficile. La recherche a déterminé que plus de 57% des élevages laitiers sont en hors sol ou ne disposent pas de surface fourragères suffisantes dans la région d'étude ; d'où des achats externes d'aliments céréaliers et complémentaires, dont les concentrés pour faire face au faible rendement et à l'indisponibilité des fourrages.

Concernant la production laitière, sur un ensemble de 21 exploitations englobant les quatre unités morphologiques du relief de Mostaganem, le Mont du Dahra, le Plateau, la Vallée de l'Est et la Vallée de l'Ouest. La production moyenne étalée sur 291 jours ne dépasse pas le seuil de 22,45 kgs/vache Prim'Holstein/jour au niveau des exploitations laitières de catégorie 1. Cette diminution des performances laitières de la principale race « Prim Holstein » disponible au niveau de la région d'étude est pour diverses explications retenues de l'enquête. Ces explications mettent toutes en avant les difficultés d'adaptation rencontrées par ce type d'animaux exigeants en alimentation (quantité, qualité et rationnement), de gestion et de pratiques d'élevage, éléments non maîtrisés au niveau des catégories d'élevage. Aussi, les principales limitations environnementales qui s'opposent à une productivité normale est la diminution de l'efficacité de la transformation des aliments sous la

contrainte thermique. Il ressort aussi des éleveurs des 03 catégories d'exploitations étudiées que les vaches importées ont présenté des performances supérieures à celles des vaches nées localement. Cela est expliqué par le manque de développement corporel de ces dernières élevées en conditions algériennes, étant donné que la production laitière est fortement liée à l'état corporel et au format des femelles.

L'autre inconvénient, sans doute le plus contraignant dans le contexte Algérien est le fait que nos éleveurs ne prennent pas en considération l'efficacité alimentaire des animaux. Car, si le problème de l'alimentation ne se pose plus dans les pays développés, en Algérie, il demeure l'handicap majeur de la quasi-totalité des élevages. Donc, si on veut assurer cette efficacité, les vaches laitières doivent avoir accès à un régime alimentaire leur permettant de maintenir une bonne santé. Il doit être assuré en quantité et en qualité suffisantes, et appropriées à l'âge, à la race et à ces besoins nutritifs. Car lorsque les régimes alimentaires ne sont pas adaptés, ils peuvent aboutir à une augmentation de l'incidence et de la gravité de certaines maladies métaboliques. En plus, l'énergie et les protéines de la ration alimentaire sont des éléments déterminants le niveau de production des animaux.

Il a été aussi constaté au niveau surtout des élevages de catégorie 3 que les animaux se trouvent dans des étables entravées en quasi-permanence, avec l'absence presque exclusive des aires d'exercice. Dans la plupart des élevages enquêtés, il est difficile de les qualifier d'étables au sens moderne, car ce sont des structures vétustes, des anciennes bâtisses agricoles et souvent inadéquates aux exigences de l'élevage laitier contemporain, qui nécessitent des améliorations significatives pour répondre aux normes de bien-être animal et de productivité. Par ailleurs ce sont les grands élevages laitiers (catégorie 1) spécialisés qui détiennent des étables assez modernes, neuves et aménagées. Il est toutefois à signaler que la stabulation entravée a favorisé beaucoup de pathologies au niveau de l'appareil locomoteur (boiteries et des lésions d'origine infectieuse) et a accentué la nervosité des vaches surtout pour celles qui se trouvent dans un local étroit, mal aéré et sans aucune aire d'exercice.

Les résultats obtenus au niveau des fermes de la région confirment l'incidence directe des pratiques d'élevages sur la production laitière.

A ceux-là s'ajoutent certaines insuffisances purement techniques de gestion zootechnique, des conditions d'élevage, du suivi sanitaire et de gestion financière de l'exploitation et de management, ainsi que d'autres contraintes d'ordre organisationnelle.

Pour la qualité de la production laitière, les trois catégories élevages suivis ont permis d'obtenir des laits de qualité hygiénique différente, attestant les conditions et les niveaux de conduite des élevages et de leur prophylaxie. Les niveaux élevés de la flore totale ont été des indices des mauvaises pratiques d'hygiène pendant la traite. Aussi, les laits présentant une telle charge sont moins recherchés dans les industries laitières surtout ceux spécialisés en transformation fromagère à

cause des risques d'altérations ou d'accident de fabrication.

L'étude a aussi permis d'identifier une flore lactique originelle, dominée par la présence des 02 espèces d'un grand intérêt technologique : *Lactococcus lactis* (dans tous les laits des exploitations des catégories 1, 2 et 3) et *Lactobacillus acidophilus* (dans les laits des élevages de catégorie 1). Ces bactéries lactiques jouent un rôle essentiel dans la production de laits fermentés et de fromages typiques et à intérêt nutritionnel.

L'analyse physico-chimique des principaux éléments fonctionnels a permis d'orienter les laits vers la transformation laitière. Les valeurs moyennes obtenues du rapport TB/TP ont été dans des seuils d'équilibre entre 1 et 1,17. Le seuil (1 à 1,2) a été recommandé pour l'industrie fromagère, par contre celui supérieur à 1,2 a été destiné à la production des laits fermentés.

En synthèse de l'étude menée et la volonté constatée chez l'ensemble des éleveurs laitiers expertisés, la durabilité des exploitations bovines laitières appartenant à un des grands bassins laitiers de l'Algérie, celui de la wilaya de Mostaganem, doit être assurée par un accompagnement et un appui à la maîtrise technique continue. La mise en place de programmes d'intensification, d'amélioration, d'organisation, d'encouragement et de réhabilitation des pratiques d'élevage et de production est un autre enjeu à la pérennité, à la viabilité des éleveurs et de l'activité de l'agro-élevage. Cette démarche est dans une perspective d'amélioration du fonctionnement de ces mêmes systèmes pour atteindre les résultats escomptés et la pérennité de la filière laitière locale, régionale et nationale.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- Abbas K., Laour M., Madani T., Mebarkia A., Abdelghuerfi A., 2005.** Rôle et usage des prairies naturelles en zone semi-aride d'altitude en Algérie. *Revue fourrages* n°183.Pp 475- 479.
- Abou-Bakr, S., Alhammad, H.O.A., Sadek, R.R. and. Nigm, A.A. 2006.** Productive and reproductive characteristics of holstein cows rasied under intensive farming system in Egypt. *Egyptian J. Anim. Prod.*, (2006) 43(2):91-98.
- Abdelguerfi A., Laouar M., M'Hammedi Bouzina M., 2008.**Les production fourragères et pastorales en Algérie : Situation et Possibilités d'Amélioration. *Revue Semestrielle « Agriculture & développement »* (INVA, Alger), janvier 2008, N °6 : 14-25.
- Abdelguerfi A., 2003.** Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture, Rapport de synthèse, Tome IX. Projet ALG/97/G31 FEM/PNUD, Plan d'action et stratégie nationale sur la biodiversité, M.A.T.E, R.A.D.P.
- Abdelguerfi A., 2005.** Rôle et usage des prairies naturelles en zone semi-aride d'altitude en Algérie. *Fourrages*, 183 : 475-479.
- Abdelli A., Iguer-ouada M. 2017.** Characterization of dairy cattle feeding systems in Algeria: Impact on productive and reproductive performance. *Livestock Research for Rural Development* 29(1)
- Achemaoui, A., et Bendahmane, M. 2016.** Analyse des paramètres de reproduction dans un élevage privée à vocation Bovins laitiers au niveau de la wilaya de Sidi Bel Abbés. *Nat. Technol. B — Sci. Agron. Biol.* **14**: 20–22. Disponible depuis https://www.univ-chlef.dz/RevueNatec/issue-14/Article_B/Article355.pdf
- Adem R., 2002.** Le contrôle laitier en Algérie. Les performances zootechniques des élevages bovins laitiers en Algérie. Synthèse campagne 2001/2002, in *Actes des 3emes journées de recherche sur les productions animales*. INRAE Production.16 p.
- Adem, R., 2003.** Les exploitations laitières en Algérie : structure de fonctionnement et analyse des performances technico- économiques : cas des élevages suivis par le C.I.Z.», (2003), 25p. http://www.gredaal.com/ddurable/agricelevage/obselevages/lait_vrouges/lait/tiziouzu2003rachid.pdf
- Aggad H., Mahouz F., Ahmed Ammar Y. et Kihal M., 2009.** Evaluation de la qualité hygiénique du lait dans l'ouest algérien. *Revue Méd. Vét.*, 160, 12,590-595.
- Agnew, R.E.; Yan, T.; France, J.; Kebreab, E.; Thomas, C. 2004.** Energy Requirement and Supply. In *Feed into Milk*; Thomas, C., Ed.; Nottingham University Press: Nottingham, UK, 2004. 3-8p.
- Alais C. et Linden G., 2004.** Biochimie alimentaire. 5^{ème}Edition Masson(Paris), 520p, 162-164.
- Alves D. 2007.** Composition chimique du lait .Cours de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon. Alimentation des Animaux. <http://www.vet-lyon.fr/ens/nut/webBromato/cours/cmlait/compolai.html>.
- Anderson, N. 2014.** Dairy Cow Comfort - Free-stall Dimensions [WWW Document]. OMAFRA Ont. URL <http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/dairy/facts/freestaldim.htm>
- Andjouh Abdelkader. 2019.** Suivi des variations biochimiques du sang chez la vache laitière au péripartum dans la région de Naama. Thèse de Magister en Sciences Vétérinaires- Option : Reproduction des Animaux de la Ferme. Université IBN KHALDOUN de Tiaret. 88p.

- Andrews J., Walker R., Chataway R., Callow M., Busby G., Itzstein R. (2006).** "Background to the sustainable dairy farm systems for profit project", Queensland Government. 1-9p. <http://northernaustaliandairyhub.com>.
- Andrieu S., 2012.** Comment mesurer l'efficacité alimentaire en toute simplicité. Production laitière moderne, (431), 28 In Carjot A.C., 2013.
- Araba A., 2006.** Conduite alimentaire de la vache laitière. Transfert de technologie en agriculture, n°136, p 5.
- Aragona K.M., Chapman C.E., Pereira A.B.D. 2017.** Prepartum supplementation of nicotinic acid: effects on health of the dam, colostrum quality, and acquisition of immunity in the calf. *J Dairy Sci.* 2017 ; 99:3529–3538.
- Attia Kh., Bouzid R., Rezig F., Hocine A., Agad H., 2019.** Etude critique de la pratique d'élevage des bovins de race locale dans la région d'El Tarf (Nord-est algérien). *Revue algérienne des sciences de la nature et de la vie et des sciences techniques*, vol. 2, 2019.
- Axelsson L. 2004.** Lactic acid bacteria; microbiological and functional aspect. 3rd Rev. and Exp. New York : Marcel Dekker, p. 1-66.
- Bauman D.E., Harvatine K.J., Lock A.L. 2011.** Nutrigenomics, rumen-derived bioactive fatty acids, and the regulation of milk fat synthesis. *Annu Rev Nutr.* 2011;31:299–319.
- Baumont R., Aufrere J., Mescgy F., 2009.** La valeur alimentaire des fourrages : Rôle pratique de culture, de récolte et de conservation. *Revue fourrage* n°198. Ed AFPP Pp 153-173. <http://www.afpf-asso.fr.agr/index/action/page/id/33/title/les-article/article/1740>.
- Beauchemin K.A., Rode L., 2012.** Efficient use of forages and impact on cost of production. *WCDS Advances in Dairy Technology. Volume 24* : 241-253.
- Beede, D.K. and Myers, Z.H. 2000.** L'eau, un nutriment essentiel. 24 e Symposium sur les bovins laitiers. CRAAQ, Québec, Canada, pp. 71-91
- Belhadi N, (2011).** Effets des facteurs d'élevage sur la production et la qualité du lait de vache en régions montagneuses. Mémoire de magister en agronomie, spécialité: productions animales: option: alimentation animale et produits animaux, 83p.
- Belhadia M, Saadoud M, Yakhlef H et Bourbouze A., 2009** La production laitière bovine en Algérie : Capacité de production et typologie des exploitations des plaines du Moyen Cheliff. *Revue Nature et Technologie.* n° 01/Juin 2009. pp 54-62.
- Belkasmi, F., Ghozlane, F., Benidir, M., & M'hamdi, N. (2020).** Assessment of animal welfare and its effect on metabolic performance of dairy cows in semi-arid area of Algeria. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, 8(2), 52-58.
- Belkheir., Benidir M., Bousbia A., Ghozlane F., 2011.** Typologie des exploitations bovines laitières en zone de montagne de la région de Tizi-Ouzou (Algérie). *Livestock Research for Rural Development* volume 23, article n° 3 :1-12p.
- Belkheir, B., Ghozlane, F., Benidir, M., Benahmed, N., et Agguini, S. 2015.** Production laitière, pratiques d'élevage et caractéristiques du lait en exploitations bovines laitières en montagne de Kabylie, Algérie. *Livest. Res. Rural Dev.* 27(8): 145. Disponible depuis www.lrrd.org/lrrd27/8/belk27145.html.
- Benaissa R., 2010.** Problématique de la filière lait en Algérie. 8èmes Journées Scientifiques Vétérinaires : la filière lait en Algérie : un défi à relever, Algérie 18-19 avril 2010 « ENSV Alger ».
- Benatallah A., Yakhlef H., Ghozlane F. et Marie M., 2013.** Typologie des exploitations bovines laitières dans la région de Birtouta, Alger (Mitidja). *Renc. Rech. Ruminants*, 20,241.
- Benazzouz D., 2001.** Situation de la production fourragère en Algérie et perspectives d'amélioration de la production laitière. Magister en biologie végétale option aménagement des milieux naturels. Université de Constantine, 139p.

- Bencherif A., 2001.** Stratégies des acteurs de la filière lait en Algérie : Etats des lieux et problématiques. In: Les filières et marchés du lait et dérivés en Méditerranée: Etat des lieux, problématique et méthodologie pour la recherche. Options Méditerranéennes, Série B, Etudes et Recherches, n°32, 25-45.
- Ben-Mahdi MH, Ouslimani S, 2009.** Mise en évidence de résidus d'antibiotiques dans le lait de vache produit dans l'Algérois. *European Journal of Scientific Research*, 36(3), 357-362.
- Berger, R.; Hovav, A. 2013.** Using a Dairy Management Information System to Facilitate Precision Agriculture: The Case of the AfiMilk (R) System. *Inf. Syst. Manag.* **2013**, 30, 21–34.
- Bessaoud., J-P. Pellissier., J.-P. Rolland., W. Khechimi., 2019.** Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie. [Rapport de recherche] CIHEAM-IAMM. , n°64. 82 p.
- Bodiou D. 2021.**Dossier Santé et Alimentation des vaches laitières. Cultivar Élevage de mai-juin 2021 : 1-5p.
- Bossen, D.; Weisbjerg, M.R. 2009.** Allocation of feed based on individual dairy cow live weight changes II: Effect on milk production. *Livest. Sci.* **2009**, 126, 273–285.
- Botreau R., Capdeville J., Perny P., Veissier I. (2006).** Evaluation global du bien-être animal en vue de son intégration dans des démarches qualité. 11èmes JSMTV –Clermont Ferrand-, 49-50.
- Bouamra M., Doubbi Bounaoua L., Si Djilali M. et Ghoulane F. 2019.** Qualité physicochimique du lait de vaches Prim'Holsteins et Montbéliardes dans l'Ouest algérien. *Livestock Research for Rural Development* 31 (2) 2019.
- Boubekeur Abderrahmane. 2010.** Essai d'établissement de typologies d'exploitations d'élevages laitiers dans le contexte du Sud Algérien : Cas de la wilaya d'Adrar. Thèse de Magister en Agronomie. Ecole Nationale Supérieure Agronomique Alger, soutenue en 2010, 192p
- Boufaïda Asnune Z., Butel M.J., Ouzrout R. 2012.** Prévalence des principales bactéries responsables de mammites subcliniques des vaches laitières au nord-est de l'Algérie. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 2012,65(1-2) : 5-9.
- Bouffard, V., de Passillé, A.M., Rushen, J., Vasseur, E., Nash, C.G.R., Haley, D.B., Pellerin, D. 2017.** Effect of following recommendations for tiestall configuration on neck and leg lesions, lameness, cleanliness, and lying time in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 100, 2935–2943.
- Bouissou M.F., Boissy A. (2005).** Le comportement social des bovins et ses conséquences en élevage. INRA, Productions Animales, N° 18 (2), 87-99.
- Boukhalfa H. H, Titaouine M et Gaba M. 2019.** Changement des composants biochimiques du sang et du lait durant la lactation chez la vache laitière dans les élevages de l'est algérien. *Revue Agrobiologia* (2019) 9(2): 1506-1514.
- Boukhechem S., Moula N., Lakhdara N., Kaidi R. 2019.** Feeding practices of dairy cows in Algeria: Characterization, typology, and impact on milk production and fertility. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research* 6(4) :567.
- Boutry A, Martin B, Botreau R et Laurent C 2014** Prediction of bulk milk protein and fat content based on herd characteristics and farming practices. *Rencontre Recherche Ruminants* 21:396. http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/Texte_8_affiche_Modele_A-Boutry.pdf.
- Bouzig R., Hocine A., Maïfia F., Rezig F., Ouzrout R. et Touati K. 2011.**Prévalence des mammites en élevage bovin laitier dans le Nord-Est algérien. *Livestock Research for Rural Development* 23 (4) 2011.
- Bouzida S., Ghoulane F., Allane M., Yakhlef Y. et Abdelguerfi A., 2010.** Impact du chargement et de la diversification fourragère sur la production des vaches laitières dans la région de Tizi-Ouzou (Algérie). *Fourrages*, 204, 269-275.

- Boval M., Edouard N., Naves M., Sauvant D., 2015.** Performances de croissance et efficacité alimentaire des bovins au pâturage en conditions tropicales : étude par méta-analyse. *INRA Prod. Anim.*, 28(4), 315-328.
- Brocard V, Brunschwig P, Legarto J, Paccard P, Rouille B, Bastien D, Leclerc M-C. 2010.** Guide pratique de l'alimentation du troupeau bovin laitier. L'Institut de l'élevage : Paris, 2010, 268 pages.
- Broom D.M. 2021.** Domestic animal behaviour and welfare. CABI. 6th Edition. 3-13p.
- Burfeind, O., Sepúlveda, P., von Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M., Veira, D.M. und Heuwieser, W. 2010.** Technical note: Evaluation of a scoring system for rumen fill in dairy-cows. *Journal of Dairy Science*. 93 (8): 3635-3640.
- Buryakov N.P, Aleshin D.E, Buryakova M.A. 2022.** Influence of using various levels of protein concentrate in rations of Ayrshire dairy cows on rumen microbiome, reproductive traits and economic efficiency. *Veterinary Sciences*. – 2022. – Vol. 9. – No. 10. – P. 534. DOI: 10.3390/vetsci9100534.
- Busanello, M., M. S. C. S. Alves, V. M. C. C. M. A. Souza, J. P. I. D. S. Junior, C. B. D. S. Souza, & R. B. A. Fernandes. 2017.** A principal component analysis required in technical assistance for dairy production systems. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 39(4), 437-444.
- Butler, W. R. (2003).** Energy balance relationships with follicular development, IGF-I, and insulin in postpartum dairy cows. *Journal of Animal Science*, 81(14_suppl_2), E159-E165.
- Caid N., Chachoua M., Berrichi F. 2019.** La wilaya de Mostaganem : Dynamiques Environnementales Infos. *Journal International des Géosciences et de l'environnement*.
- Cambien A. 2007.** Une introduction à l'approche systémique : Appréhender la complexité. Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU). Lyon. 84 p. ISSN : 1263-2570.
- Canadian Bovine Mastitis Research Network. The California Mastitis Test CMT. 2018.** Retrieved from <http://www.medvet.umontreal.ca/rcrmb/dynamiques/CMTProENG.pdf>. 07/02/2018. 3p.
- Capdeville J. (2002).** Bien-être des bovins et conditions de logement. Comment évaluer le bien-être ? Les problèmes spécifiques à l'étable entravée en Agriculture Biologique. Actes des Journées Techniques Elevage ITAB – Besançon, France, 78-84.
- Carjot A.C., 2013.** Etude de la corrélation entre l'efficacité alimentaire et l'analyse des résidus de bouses chez les vaches laitières nourries avec une ration totale mélangée. Thèse d'Etat de Doctorat Vétérinaire : ENV Lyon, 12 décembre, thèse n° 89.
- Carraway K, Brauneis M, Engwall N, Fain J. 2013.** Surveillance de la rumination : un outil de prise en charge pour la détection précoce des troubles métaboliques. *J Dairy Sci*. 96(E-Suppl. 1) :180.
- Cauquil M., 2011.** Incidence des pratiques d'élevage sur les équilibres microbiens de la litière, de la peau des trayons et du lait cru en filière AOP Comte. Thèse de Docteur vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique-ONIRIS. Pp: 81-170.
- Cauty I, Perreau JM. 2003.** La conduite du troupeau laitier. Editions France Agricole, 2003, 288 p.
- Chatellier, V. et Jacquerie, V., 2004.** « La diversité des exploitations laitières européennes et les effets différenciés de la réforme de la PAC de juin 2003. » *INRA Prod. Anim.*, 17, (2004), 315-333. <http://www.inra.fr/productions-animales/an2004/tap2004/vc244.pdf>
- Chatellier V. 2020.** L'élevage laitier : Aujourd'hui dans le monde. *Agro-Ecologie*. INRAE Bretagne-Normandie. 15-17p.

- Chauveau H. 2021.** Alimentation des vaches laitières : Le nouveau système de l'INRAE. Dernier système de rationnement de l'INRAE - Numéro 485. 01 février 2021.
- Chemma N., 2017.** La dépendance laitière : Où en est l'Algérie ? Revue D'Etudes en Management et Finance D'Organisation N°5 Juillet 2017.
- Chibani C., Chabaca R., Boulberhane D., 2010.** Fourrages algériens. 1. Composition chimique et modèles de prédiction de la valeur énergétique et azotée. Livestock Research for Rural Development. Volume 22 : (1-9). <http://www.lrrd.org/lrrd22/8/chab22153.html>
- CIDIL. 2004.** Centre Interprofessionnel de Documentation et d'Information Laitières (Filiale CNIEL Paris, France /Cidilait.com portail internet). 12-48p.
- Collectif TECHNIPEL. 2015.** Guide de l'alimentation du troupeau bovin allaitant. Institut d'élevage Castanet-Tolosan. France. ISBN 2363435273 (340p).
- Connor E.E . 2015.** Improving feed efficiency in dairy production: challenges and possibilities. Invited review. *Animal* (2015), 9:3, pp 395–408 © The Animal Consortium. doi:10.1017/S1751731114002997
- Craig, A.L.; Gordon, A.W.; Hamill, G.; Ferris, C.P. 2022.** Milk Composition and Production Efficiency within Feed-To-Yield Systems on Commercial Dairy Farms in Northern Ireland. *Animals* 2022, 14, 1771.
- Croisier M. et Croisier. Y. 2014.** Alimentation animale : raisonnement du système fourrager en élevage. Edition Educagri, Librairie Eyrolles-Paris 5^{ème}, France.
- Cutullic E, Delaby L, Gallard, Y and Disenhaus C. 2011:** Dairy cows' reproductive response to feeding level differs according to the reproductive stage and the breed. *Animal*, 5, 731-740.
- Cuvelier, CH, Hornick J-L, Beckers Y., Froidmont E., Knapp E., Istasse L., Dufrasne I. 2010.** L'Alimentation de la vache laitière : Physiologie et Besoins. Université de Liège, centre Wallon de recherches agronomiques. P. 67.
- Cuvelier CH., Dufrasne I. 2015.** L'alimentation de la vache laitière : Aliments, calculs de ration, indicateurs d'évaluation des déséquilibres de la ration et pathologies d'origine nutritionnelle. Université de Liège, 106p.
- Daccord, R., & Jans, F. 1992.** Valeur nutritive des fourrages et des aliments : Données d'analyse et recommandations. Station fédérale de recherches sur la production animale (SFRPA), Grangeneuve, Posieux, Suisse. 120 pages.
- Dahou A., Homrani A., Bensaleh F. et Medjahed M. 2015.** La microflore lactique d'un fromage traditionnel Algérien « type j'ben » : connaissance des écosystèmes microbiens laitiers locaux et de leurs rôles dans la fabrication des fromages. *Afrique SCIENCE* 11(6) (2015) 1 - 13 1 ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.info>
- Dahou A.A., Medjahed M., Aissaoui C., Homrani A. 2021.** Approche préliminaire sur la fromageabilité des laits collectés au niveau d'une fromagerie industrielle. Revue Algérienne des Sciences/ <http://univ-eltarf.dz/fr/> ISSN : 2661-7064. Volume 6, Issue 1 : 34-39, Janvier 2021
- Dahou, A.E.A., Merouane, A., Aguedal, H, El Aissaoui El Meliani, M.E.A, Meskini, Z, Doubbi Bounoua, L. et Moussaoui, M. 2026.** Optimizing forage particle size enhances rumen function and body condition in *Atlas Brown* dry cows under semi-arid conditions. *Tropical Animal Health Production* 58, 101 (2026). <https://doi.org/10.1007/s11250-026-04905-1>.
- Darej C., Moujahed N. and Kayouli C. 2010.** Effects of feeding systems on bovine performance in dairy farms from the organized sector in the north of Tunisia: 1. Effects on milk yield. *Livestock Research for Rural Development* 22 (5) 2010.
- D.D « Direction des Domaines » de la wilaya de Mostaganem. 2023. Etat des lieux (Organisation**

Administrative. 5p.

D.E « Direction de l'environnement » de la wilaya de Mostaganem.2023. Etat des lieux (Caractéristiques Naturelles de Mostaganem). 35p.

Decruyenaere V, Belge C. 2006. Prairies pâturées. Les règles d'or pour une bonne conduite. Wallonie Elevages, 2006, n°3, pp 43-46.

Decruyenaere V., Lecomte Ph.), Demarquilly C., Aufrere J., Dardenne P., Stilmant D., Buldgen A., 2009. Evaluation of green forage intake and digestibility in ruminants using near infrared reflectance spectroscopy (NIRS): developing a global calibration. Animal Feed Science and Technology 2009 148, 138-156

Decruyenaere, V.; Froidmont, E.; Bartiaux-Thill, N.; Buldgen, A.; Stilmant, D. 2012. Evaluation of green forage intake and digestibility in ruminants using near infrared reflectance spectroscopy (NIRS): Developing a global calibration. Animal Feed Science and Technology vol. 173 (3- 4) 220-234

Dedieu, B., Faverdin, P., Dourmad, J.Y, Gibon, A. 2008. Système d'élevage, un concept pour raisonner les transformations de l'élevage. INRA Prod. Anim., 2008, 21 (1), 45-58.

Defrance P, Delaby L, Seuret JM. 2004. Mieux connaître la densité de l'herbe pour calculer la croissance, la biomasse d'une parcelle et le stock d'herbe disponible d'une exploitation. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, 2004, 11, 291-294.

Deghnouche Kahramen, Boukhalfa Hassina Hafida, Titaouine Mohamed et Gaba Marwa. 2019. Changement des composants biochimiques du sang et du lait durant la lactation chez la vache laitière dans les élevages de l'est algérien. Revue Agrobiologia (2019) 9(2): 1506-1514

Delaby L, Pomies D. 2004. Intérêt d'un apport de concentré ou de foin chez les vaches laitières au pâturage en zone de demi-montagne. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, 2004, 11, 300.

Delvotest T Ampoules Manual. 2016. V1 Rev 4. DSM Food Specialties B.V. The Netherlands. www.dsm.com. Date of issue : July 15, 2016. 1p.

Delvotest®. 2011. Technical Bulletin Quality life. DSM Food Specialties B.V. Nov, 2011, 2p.

Depeyrot J.N., Détang-Dessendre C. 2024. Systèmes de production et emploi en élevage laitier. Centre d'études et de prospective. INRAE n° 19 Mars 2024. 50p.

Djebbara M., 2008. Durabilité et politique de l'élevage en Algérie. Le cas du bovin laitier. Colloque international. « Développement durable des productions animales : enjeux, évaluation et perspectives », Alger, 20-21 Avril 2008.

DSA « Direction des Services Agricoles » de la wilaya de Mostaganem. 2023. Productions agricoles et agro-alimentaires de l'exercice 2023. 12p.

Dudouet C. 2021. Production des bovins allaitants, Editeur France Agricole. Collection Agriproduction / Univers agric. 5e édition ; 45-78p.

Duffield T, Plaizier JC, Fairfield A, Bagg R, Vessie G, Dick P, Wilson J, Aramini J, McBride B. 2004. Comparison of techniques for measurement of rumen pH in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 2004, 87, 59-66.

Durand D. 2017. La systémique. 13^{ème} édition. PUF, Paris. 127 p. ISBN : 978-2-13-079841-5.

Eck. A., Gillis J.C. 2006. Le Fromage, 3^{ème} édition. Lavoisier Tec-Doc. 891p.

Erickson P.S and Kalscheur K.F. 2020. Nutrition and feeding of dairy cattle. Animal Agriculture. 2020 : 157–180. Doi : 10.1016/B978-0-12-817052-6.00009-4

Eulmi. H, Deghnouche K., Gherissi D-E. 2023. Dairy cattle breeding practices, production and constraints in arid and semi-arid Algerian bioclimatic environments. International Journal of Environmental Studies. (6)2023. 18p. DOI : 10.1080/00207233.2023.2228616.

- FAO et FIL. 2005.** « Guide de bonnes pratiques en élevage laitier. » Fédération Internationale de Laiterie et de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, (2005), 38 p. <http://www.fao.org/docrep/008/y5224f/y5224f00.htm>.
- FAO/OMS. 2019.** Synthèse d'expertise sur la sécurité sanitaire et la qualité des denrées alimentaires : laits et produits laitiers. 2-5p.
- FAO. 2020.** Rapport de situation sur l'exploitation agricole familiale. Afrique-Asie-Europe. 12-18p.
- Farruggia A., Martin B., Baumont R., Prache S., Doreau M., Hoste H., Durand D., 2008.** Quels intérêts de la diversité floristique des prairies permanentes pour les ruminants et les produits animaux ? INRA Prod. Anim., 21, 181-199.
- Faverdin P., Delagarde R., Lemosquet S., Boudon A., Delaby L. 2018.** Alimentation des ruminants : Chapitre 17, pages 273-314. EDITIONS QUAE VERSAILLES INRA France 2018.728p.
- Faverdin P., Delagarde R., Delaby L., Meschy F., 2010.** Alimentation des vaches laitières. In : Alimentation des bovins, ovins et caprins - Besoins des animaux - Valeurs des aliments – Tables INRA 2007 – mise à jour 2010. Éditions Quae, Versailles, France, 23-58.
- Faverdin P., Delagarde R., Delmaby L., Meschy F., 2007.** Alimentation des bovins ovins et caprins : besoin des animaux Edition Quae.paris, 307p.
- Faye B. & Loiseau G. 2002.** – Sources de contamination dans les filières laitières et exemples de démarches qualité. In Gestion de la sécurité des aliments dans les pays en développement, Actes de l'atelier international CIRAD-FAO, 11- 13 décembre 2000, Montpellier. Page web : agritrop.cirad.fr/514114/
- Ferreira, M. (2024).** Efficience et excrétion d'azote de vaches laitières alimentées avec des régimes associant herbe verte et ensilage de maïs. Thèse de doctorat, Agriculture et agronomie, Institut National d'Enseignement Supérieur pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (Institut Agro Rennes-Angers), 209 p.
- FIBL. L'Institut de recherche de l'agriculture biologique. 2022 :** Bases de données techniques «Bien-être des animaux et production animale ». 82p.
- Fischer A., Luginbuhl T., Delattre L., Delouard J-M., Faverdin P., 2014.** Améliorer la mesure de l'état des réserves corporelles des vaches laitières en analysant la surface 3D du dos de la vache. Renc.Rech.Ruminants, 21.p4. http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/Texte_5_Elevage_de_precision_A-Fischer.pdf
- Fischer A., Jurquet J., Minery S., Ballot N., 2015.** Mieux comprendre l'efficience alimentaire des vaches laitières. Institut de l'élevage. <http://idele.fr/presse/publication/idelesolr/recommends/mieux-comprendre-lefficience-alimentaire-des-vaches-laitieres.html>
- Forgeat, G., 2013.** Déficit énergétique avant et après vêlage chez la vache laitière : les liens entre les indicateurs. Thèse Vétérinaire. VetAgroSup (Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon). 12p.
- Frans X, Froidmont E, Bartiaux-Thill N, Decruyenaere V, Van Reusel A, Fabry J. 2003.** Utilization of milk urea concentration as a tool to evaluate dairy herd management. Animal Research, 2003, 52, 543-551.
- Frizzarin, M., Gormley, I. C., Berry, D. P., Murphy, T. B., Casa, A., Lynch, A., & McParland, S. 2021.** Predicting cow milk quality traits from routinely available milk spectra using statistical machine learning methods. *Journal of Dairy Science*, 104(7), 7438-7447. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19576>.
- Gaillard, C.; Friggens, N.C.; Taghipoor, M.; Weisbjerg, M.R.; Lehmann, J.O.; Sehested, J.**

- 2016.** Effects of an individual weight-adjusted feeding strategy in early lactation on milk production of Holstein cows during extended lactation. *J. Dairy Sci.* **2016**, 99, 2221–2236.
- Garre. E. 2024.** Comment calculer la ration d'une vache laitière ? Fascicule : Conseil en. Mars, 2024. 24p.
- Gaston J.S.L, 2015.** Elevage laitier. Encyclopédie Canadienne. 1-88p.
- GEA Group. 2018.** Global Engineering Alliance .Documentation et manuel technique « équipements de traitement et de transformation laitière ».Volume 1, 2 et 3 (872 pages). Dusseldorf, Allemagne
- Gele M., Boutinaud M., Guinard-Flament J., Le Provost F., Leduc A., Leroux C., Pires J. 2024.** BIOMARQ'LAIT –Identification dans le lait de biomarqueurs pour le monitoring du statut nutritionnel de la vache laitière. *Innovations Agronomiques* 94 (2024), 358-371
- Ghozlane, F., Yakhlef, H., & Marie, M. (2010).** Caractérisation des systèmes d'élevage bovin laitier en Algérie. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 63(1-2), 45-51.
- Glasser F, Ferlay A, Chilliard Y. 2008.** Oilseed lipid supplements and fatty acid composition of cow milk: a meta-analysis. *Journal of Dairy Science* 2008a;91:4687–4703.
- Gosselin B., Lefebvre D., 2005.** Efficience alimentaire. Produisez davantage de lait pour moins cher! Le producteur de lait québécois. PATLQ. https://www.agrireseau.net/bovinslaitiers/documents/PATLQ_2005-02a_efficience.pdf
- Götze, K. 2021.** Untersuchungen zur Aussagekraft der Pansenfüllungsbenotung als antepartaler Indikator für die Gesundheit, Fruchtbarkeit und Milchleistung in der Folgelaktation bei Holstein-Friesian Kühen. Dissertation, Freie Universität Berlin, Deutschland. Zugriff am 19.01.2021: Refubium - Untersuchungen zur Aussagekraft der Pansenfüllungsbenotung als antepartaler Indikator für die Gesundheit, Fruchtbarkeit und Milchleistung in der Folgelaktation bei Holstein-Friesian Kühen(fu-berlin.de).
- Grant, R. J., & Albright, J. L. (1995).** Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 78(12), 2913-2929.
- Griffoul B., 2011.** Conduite du rationnement - L'efficacité alimentaire ou comment optimiser l'ingestion. *Revue Réussir lait*. <http://www.lait.reussir.fr>
- Guedjal F., Bir A., Mouffok C. 2023.** Feeding Practices of Dairy Owners in Semi-arid Region of Algeria. *Asian Journal of Dairy and Food Research*. Volume 42 Issue 4 : 458-464.
- Guérin.H., Lecomte.P., Lhoste.P., Meyer., 2002.** Généralités sur les ruminants In: Mémento de l'agronome. Cirad-Gret, p1691.
- Guiraud, J.P. 1998.** Microbiologie alimentaire. Éditeur Paris : Dunod. 652p.
- Hacini R., 2007.** La filière lait et risque alimentaire. 7^{ème} salon international de l'élevage et du machinisme agricole, l'événement de l'élevage et de l'agriculture en Algérie, Spécial MAGVET, Ed. EXPORVET, n°58 85 p.
- Hall M.B., 2004.** Using Feed Efficiency as a Ration Evaluation and Nutrient Management Tool.Advances in Dairy Technology, Vol.16, p 29-36. <http://www.wcds.afns.ualberta.ca/Proceedings/2004/Manuscripts/29Hall.pdf>
- Hamadache A., 2001.** Les ressources fourragères actuelles en Algérie. Situation et possibilité d'amélioration. In Actes de l'atelier national sur la stratégie du développement des cultures fourragères en Algérie. Ed. ITGC, 79 p.
- Hammami M., Bouraoui R., Lahmar M. et Selmi H. 2013.** L'élevage bovin laitier hors sol dans le sahel tunisien (Cas de la région de Sousse). *Livestock Research for Rural Development* 25 (4) 2013
- Hanzen C, (2010).** Lait et production laitière. Polycopié. 42p.

- Heinrichs A.J., Zanton G. Penn State Extension; 2016.** Precision Feeding Dairy Heifers: Strategies and Recommendations. College of Agricultural Sciences. 08-130p.
- Heinrichs AJ, Heinrichs BS, Cavallini D, Fustini M, Formigoni A. 2021.** La limitation de la disponibilité totale des rations mixtes modifie les habitudes alimentaires et de rumination des vaches laitières en lactation. JDS Commun. 2(4) :186–190.
- Houchati A, Aloulou R et M'sadak Y 2016** Caractérisations quantitative et qualitative des performances laitières des troupeaux bovins menés en hors-sol dans une zone littorale semi-aride (Tunisie). Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (2016) 4 (3):78-85. <file:///C:/Users/user/Downloads/451-Texte%20de%20l'article-1160-1-10-20161209.pdf>
- Hulsen J. 2010.** Signes de vaches. Connaître, observer et interpréter. Roodbont Editions, 2010, 96 p.
- Hulsen J. 2012.** Signes des vaches : Carnet d'évaluation/Travailler pour la santé, la production et le bien-être. Editeur Roodbont. Collection Signes des vaches. 86p.
- Hulsen J. 2014.** Signes d'alimentation. Nourrir, cela se fait avec les yeux. Editeur Roodbont. Collection Signes des vaches. 80p.
- Hutjens M.F. 2005.** Dairy Efficiency and Dry Matter Intake. Western Dairy Management Conference. University of Illinois. 1-6p
- IDF. 2018.** Normes F.I.L d'évaluation de la qualité hygiénique, microbiologique et physico-chimiques des laits : Référence ISO 707/ F.I.L octobre 2018. Normes définies pour les analyses microbiologiques et chimiques des produits laitiers .Bruxelles (Belgique).
- IFAW. 2023.** Normes réglementaires pour le bien être des animaux d'élevage. Edition du Fond International pour la protection des animaux. Novembre 2023. 15-38p.
- INRA. 2010.** Guide pratique : Alimentation des bovins, ovins et caprins, Besoins des animaux - Valeurs des aliments. Éditions Quæ, 2010 ISBN : 978-2-7592-0874-6, ISSN : 1952-2770. <http://www.civamad53.org/wp-content/uploads/2020/12/Tables-INRA.pdf>
- INRA. 2018.** Guide pratique : Alimentation des ruminants. Apports nutritionnels, Besoins et réponse des animaux – Rationnement – Table des valeurs des aliments. Éditions Quæ, 2018. 728p.
- INRAE. 2020.** Bien-être des animaux d'élevage : l'étudier pour le favoriser. Institut National de la Recherche pour l'Agriculture, l'alimentation et l'Environnement. Fiche d'évaluation. 16p.
- INRAE. 2021.** Nouveau système d'alimentation des ruminants : Besoins des animaux - Valeurs des aliments. Éditions Institut d'élevage, 11-01-2021. 10-112p.
- Institut de l'Élevage IDELE France.2021.** Les performances de la Prim'Holstein.Les résultats 2020 du Contrôle Laitier. Publié par l'institut de l'élevage et Association de coordination technique agricole (ACTA) France, le 22 juin 2021. 12p.
- Issolah R., 2008.** Les fourrages en Algérie : Situation et perspectives de développement et d'amélioration. Recherche Agronomique. Vol 12, n°22, 34-47
- ITELV. 2022.** Feuille de calcul « Rationneur Algérie » : Valeur alimentaires des aliments formulés. Tables ITELV (version 2022)
- IVLVV. 2019. Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek,** Institut de recherche sur l'agriculture, la pêche et l'alimentation. Pratiques alimentaires des vaches laitières, Voederpraktijken voor melkkoeien. 12 pages
- Jeantet. R, Brulé. G, Delaplace. G. 2011.** Génie des procédés appliqués à l'industrie laitière. Edition Lavoisier 2^{ème} édition. ISBN : 9782743013592. (196p).France
- Jeantet R., Croguennec T., Garric G, Brulé G. 2017.** Initiation à la technologie fromagère. 2^{ème} édition Lavoisier Tec et Doc. 210p.
- JORA. 2016.** Journal Officiel de la République Algérienne N°39 du 04 octobre 2016 : Critères microbiologiques des denrées alimentaires. 11-32p.

- Kacimi El Hassani S., 2013** La dépendance alimentaire en Algérie: importation de lait en poudre versus production locale, quelle évolution? *Mediterranean Journal Of Social Sciences* Vol 4, n°11, 152-158. <http://www.mcser.org/journal/index.php/mjss>
- Kadi S. A., 2007.** Alimentation de la vache laitière : Etude dans quelques élevages d'Algérie. Mémoire de Magister. Université de Blida, p109.
- Kadi S. A., Djellal F., Berchiche M., 2007.** Caractérisation de la conduite alimentaire des vaches laitières dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. *Livestock Research for Rural Development* 19 (4).
- Kadi S. A., Djellal F., 2009.** Autonomie alimentaire des exploitations laitières dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. *Livestock Research for Rural Development*. Vol.21, article 227. <http://www.lrrd.org/lrrd21/12/kadi21227.html>.
- Kailasapathy K. 2011.** Chemical Composition, Physical and Functional Properties of Milk and Milk Ingredients, Dans : Chandan R.C., Kilara A., Shahn P. *Dairy Processing and Quality Assurance*, Wiley -Blackwell, Ames, p. 75 – 103.
- Kali S., 2010.** Approche de la filière lait en Algérie : Cas des exploitations bovines laitières enquêtées dans la wilaya de Guelma, Thèse de Magister. Agronomie. ENSA., Elharrach (Alger).170 p.
- Kali S., Benidir M., Ait Kaci K., Belkhiri B., et Benyoucef MT., 2011.** Situation de la filière lait en Algérie: Approche analytique d'amont en aval. *Livestock Research for Rural Development*, 23 (8), 2011.
- Kali S., Saadaoui M., Ait Amokhtar S., Belkheir B., Benidir M., Bitam A., Benmebarek A., 2018.** Éléments d'enquête générale sur la filière lait en Algérie. *International Journal of Business and Economic Strategy*. Vol 8. 12-19
- Kaouche, S., Boudina, M., et Ghezali, S. 2012.** Évaluation des contraintes zootechniques de développement de l'élevage bovin laitier en Algérie : cas de la wilaya de Médéa. *Nat. Technol.* 6: 85–92. [Online]. Available from www.univ-chlef.dz/revuenatec/art_06_11.pdf.
- Kaouche S., 2015.** La filière laitière en Algérie. Etat des lieux et focus sur quelques contraintes de développement. CIHEAM. International centre for Advanced Mediterranean Agronomic studies n°35, 03-04.
- Kazeminia M., Mahmoudi R., Mousavi S., Mehrabi A. 2023.** Raw cow milk quality: Physicochemical, Microbiological, and Seasonal Variation. *J Microbiol Biotech Food Sci / Kazeminia et al. 2023* : 13 (3) e10078.
- Keating, B.A., McCown, R.L., 2001.** Advances in farming systems analysis and intervention. *Agricultural Systems* 70, 555-579.
- Kebbal S., Gharbi I., Belala R., Hezil N., Dechicha A. S., Baazize-Amami D., Rahal K., Guetarni D., Mimoune N. 2026.** Performance of a colorimetric method for milk urea evaluation in dairy farms: the screening study. *Medycyna Weterynaryjna*. 2026, 82 (1), 27-32. DOI: [dx.doi.org/10.21521/mw.7084](https://doi.org/10.21521/mw.7084)
- Kharzat B., 2006.** Essai d'évaluation de la politique laitière en perspective de l'adhésion de l'Algérie à l'organisation mondiale du commerce et à la zone de libre-échange avec l'union européenne. Mémoire de magister I.N.A., Alger, 114 p.
- Khelili A., 2012.** Impact du rapport fourrage-concentré sur le niveau de la production laitière des exploitations bovines de la plaine du haut Cheliff .Mémoire Magister.. Université Hassiba Ben Bouali-Chlef. 106 p.
- Kononoff PJ, Lehman HA, Heinrichs AJ. 2002.** Comparaison des méthodes utilisées pour mesurer l'activité alimentaire et ruminante chez les vaches laitières confinées. *J Dairy Sci.* 85(7) :1801-1803.
- Kononoff. P.J, Snow. D.D, Christiansen D.A. 2017.** Drinking Water for Dairy Cattle. *Large Dairy Herd Management*. (3rd ed.), FASS., Champaign, IL (2017)

- Labrie S. 2015.** Détermination des caractéristiques physico-chimiques des laits du terroir et des microflore fongiques indigènes influençant la qualité des fromages fins ; Université Laval. Article de conférence. <https://www.scientifique-en-chef.gouv.qc.ca/impact-recherche/caracteristiques-des-laits-du-terroir-influençant-la-qualite-des-fromages-fins/.27> Novembre 2015. 4p.
- Laithier C. 2012.** Microflore du lait cru – Vers une meilleure connaissance des écosystèmes microbiens du lait et de leurs facteurs de variation. Institut d'élevage Laitier, Lyon, France. Renc Recherche Ruminants (2012-19).1-3p.
- Lamontagne M., Champagne C.P., Gardner N. 2010.** Microbiologie du lait. Dans : Vignola C.L. Science et technologie du lait. Fondation de technologie laitière. Québec : Presses internationales polytechniques, p.75-153.
- Larbaoui D., Meribai A., Kouidri A., Khodja Mohamed Nadjib A., Nouani A., Mouloud Bellal M. 2013.** Influence of Dairy Cows Race and Diet on Milk Composition in Algeria. Life Science Journal 2013 ; 10(4)
- Lawrence, D., O'Donovan, M., Boland, T.M., Lewis, E., Kennedy, E. 2015.** The effect of concentrate feeding amount and feeding strategy on milk production, dry matter intake, and energy partitioning of autumn-calving Holstein-Friesian cows. *J. Dairy Sci.* **2015**, 98, 338–348.
- Lazereg M., Bellil K., Djedianem M., Zaidi Z., 2020.** La filière lait algérienne face aux conséquences de la pandémie de la COVID-19. Les Cahiers du Cread -Vol. 36, n° 03.
- Leblanc, B. 2012.** Analyse comparée des performances des systèmes de production des fermes laitières au Canada et aux États-Unis. Mémoire de maîtrise en économie rurale, Département d'économie agroalimentaire et sciences de la consommation, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec, QC, Canada. 132 pp. [Online]. Available from www.cdc-ccl.gc.ca/CDC/userfiles/file/Leblanc%20Benoit.pdf.
- Leborgne M-C., Brechet C., Delteil L., Fournier E., 2013.** Nutrition et alimentation des animaux d'élevage : L'alimentation des monogastriques - L'alimentation des polygastriques. Tome2, 3^{ème} édition Educagri Editions: Dijon, p356. Livre sur Google Books.
- Leiber F., Walkenhorst M., Holinger M. 2020.** The relevance of feed diversity and choice in nutrition of ruminant livestock · LANDBAU-FORSCH · J Sustainable Organic Agric Syst · 70(1) :35–38 DOI:10.3220/LBF1592393539000.
- Lessire F., Rollin F. 2013.** L'acidose subaigüe du rumen : une pathologie encore méconnue. Annales de Médecine Vétérinaire, sous presse. Liège. Belgique. 153, 82-98
- Levallois R. 2010.** "Gestion de l'entreprise agricole". Université Laval, Traget Laval.
- Levesque P. 2008.** La traite des vaches laitières : étape par étape vers la qualité : Guide pratique. Edition EDUCAGRI. ISBN 2844446175 (79p).France
- Lievaart J. and Noordhuizen J.P.T.M. 2010.** Ranking experts preferences regarding measures and methods of assessment of welfare in dairy herds using adaptive conjoint analysis. *Journal of Dairy Science*, 94 :3420–3427, 2011. doi : 10.3168/jds.2010-3954.
- Linn J., Terre Trula M., Casper D., Raeth Knight M., 2007.** Feed efficiency of lactating dairy cows. <https://www.cvmbs.colostate.edu/ilm/proinfo/cdn/2007/Feed%20Efficiency%20in%20Lactating%20Dairy%20Cows.pdf>
- Little, M.W.; O'Connell, N.E.; Ferris, C.P. 2016.** A comparison of individual cow versus group concentrate allocation strategies on dry matter intake, milk production, tissue changes, and fertility of Holstein-Friesian cows offered a grass silage diet. *J. Dairy Sci* **2016**, 99, 4360–4373.
- Lokhorst, C.; Groot Koerkamp, P.W.G. 2009.** (Eds.) Precision Livestock Farming '09: Papers Presented at the 4th European Conference, on Precision Livestock Farming, Wageningen, The Netherlands, 6–8 July 2009; Wageningen Academic Publishers: Wageningen, The Netherlands, 2009.

- Madani, T., Mouffok, C. et Frioui, M., 2004.** « Effet du niveau de concentré dans la ration sur la rentabilité de la production laitière en situation semi-aride algérienne. » *Renc Rech Ruminants*, 11, (2004), 244. http://217.167.235.86/html28/IMG/pdf/2004_itineraire_20_Madani.pdf
- MADR, 2023 a.** Ministère de l'Agriculture et du développement rural. Rapport sur la situation du secteur agricole. Alger : MADR.
- MADR, 2023 b.** Rapport National sur les Ressources Génétique Animales : Algérie, octobre. 2023
- MADR, 2023 c.** Statistiques agricoles. Superficies et productions, Séries A et B.
- MADR, 2023 d.** Ministère de l'Agriculture et du développement rural. Etude sur les prévisions et tendances des productions des principales filières agricole. Phase 3 : Analyse de la situation globale et de la synthèse de la filière lait.
- Mahaut M., Jeantet R., Brulé G. 2000.** Les produits laitiers. Londres- Paris-New York : Lavoisier, Tec & Doc.
- Makhlouf M., 2015.** « Performance de la filière laitière locale par le renforcement de la coordination contractuelle entre les acteurs : Cas de la Wilaya de Tizi-Ouzou – Algérie », Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 345p.
- Makhlouf M., Montaigne E., 2017.** Impact de la nouvelle politique laitière algérienne sur la viabilité des exploitations laitières, *Revue NewMedit* n°1/2017, 2-10.
- Makhlouf M., Montaigne E., Tessa A., 2015.** « La politique laitière algérienne : entre sécurité alimentaire et soutien différentiel de la consommation », *NEW MEDIT*, Vol 14, n°1, pp.12-23.
- Maltz, E. ; Barbosa, L.F. ; Bueno, P. ; Scagion, L. ; Kaniyamattam, K. ; Greco, L.F. ; De Vries, A. ; Santos, J.E. 2013.** Effect of feeding according to energy balance on performance, nutrient excretion and feeding behavior of early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* **2013**, 96, 5249–5264.
- Maltz, E. 2020.** Individual dairy cow management: Achievements, obstacles and prospects. *J. Dairy Res.* **2020**, 87, 145–157.
- Manafiazar G., Zimmerman, S., Basarab J.A. 2016.** Repeatability and variability of short-term spot measurement of methane and carbon dioxide emissions from beef cattle using GreenFeed Emissions Monitoring System. *Canadian Journal of Animal Science* 97(1).DOI: 10.1139/CJAS-2015-0190
- Mansour L., 2015.** Etude de l'influence des pratiques d'élevage sur la qualité d'un lait : effet de l'alimentation. Thèse de doctorat. Université Ferhat Abbas Sétif , Agronomie, 190P.
- Mäntysaari P., Liinamo A.E., Mäntysaari E.A. 2012.** Energy efficiency and its relationship with milk, body, and intake traits and energy status among primiparous Nordic Red dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 95(6):3200-11. DOI: 10.3168/jds.2011-4685
- Martins L-F, Wasson D-E, Hristov A-N. 2022.** Feeding dairy cows for improved metabolism and health. *Animal Frontiers*, Volume 12, Issue 5, October 2022, Pages 29–36.
- Matallah S, Bouchelaghem S et Matallah F 2015.** Variations de la composition chimique du lait de vache Holstein dans le nord-est de l'Algérie. *Livestock Research for Rural Development* 27. <http://www.lrrd.org/lrrd27/1/mata27016.html>.
- Matallah, S., Matallah, F., Djedidi, I., Mostefaoui, KN., Boukhris, R. 2017.** Qualités physico-chimique et microbiologique de laits crus de vaches élevées en extensif au Nord-Est Algérien. *Livestock Research for Rural Development* 29 (11) 2017. 1-7p.
- Maulfair D., Heinrichs J., Ishler V., 2011.** Feed efficiency for lactating dairy cows and its relationship to income over feed costs. *DAS*. 183, 1-6.
- Maxin G., Nozière P., Sauvant D., Baumont R. 2018.** Dossier : Ressources alimentaires pour les animaux d'élevage Vol. 31 No 3 (2018): Volume 31 Numéro 3 : 255-268
- McDonald, P.; Edwards, R.A.; Greenhalgh, J.F.D.; Morgan, C.A. 2002.** *Animal Nutrition*, 6th ed.; Pearson Education Limited: Essex, UK, 2002. 2-5p.

- McGuffey. R.K.A. 2017.** 100-year review : metabolic modifiers in dairy cattle nutrition. J Dairy Sci, 100 (2017), pp. 10113-10142
- Medjahed M., Dahou A.A, Desmasures N. et Homrani A. 2021.** Molecular appreciation of the native bacterial flora of raw milk in the north-western region of Algeria. Journal : Asian Journal of Dairy and Food Research / <https://arccjournals.com/onlineFirstArticles>. Vol 40, Issue 2 : 152-156, June 2021
- Medjahed M. 2021.** Valorisation du lait cru : Etude des variations de la composition et de l'écosystème microbien du lait cru et les aptitudes de transformation en fromage à pâte molle type Camembert. Thèse de doctorat soutenue en septembre 2021. Université de Mostaganem. 157p.
- Merdaci L et Chemmam M. 2016 :** Evolution comparée des performances de vaches laitières Prim'Holsteins et Montbéliardes au Nord-Est algérien. Livestock Research for Rural Development. Volume 28, Article 23. 10p
- Merdjane L et Yekhlef H., 2016.** Le déficit énergétique fourrager : Diagnostic régionalisé de la situation des ressources alimentaires destinées aux herbivores domestiques en Algérie. Ed Universitaires européennes, 137 p.
- Merigaud J., Lemoine T., Aguer D. 2009.** Lait et produits laitiers. Élaborée par le Groupe d'étude des marchés de restauration collective et de nutrition, p. 12-13.
- Meskini Z., Rechidi Sidhoum N., Dahou A.A., Bounaama K., Homrani A. 2020.** Characteristics and Typology of Dairy Cattle Farming Systems in West Region of Algeria. Scientific Papers Series Management Economic Engineering in Agriculture and Rural Development. Vol 20, Issue 3. ISSN : 2284-7995.
- Meskini Z., Rechidi-Sidhoum N., Bounaama K., Dahou A.A, Homrani A. 2021.** Management practices on dairy cattle breeding farms in northwest of Algeria. Scientific papers : Animal Science and Biotechnologies. 2021, 54(1)
- Meskini Z., Dahou A.A, Radja D.S, Yerou H., Homrani A. 2023.** Survey of Herd Management on Conventional Dairy Farms in North Algeria. April 2023. Selcuk Journal of Agricultural and Food Sciences 37(1) : 94-106. DOI : 10.15316/SJAfS.2023.011
- Meynard J.-M. 2017.** L'agroécologie, un nouveau rapport aux savoirs et à l'innovation. Oilseeds and fats, Crops and Lipids, 24 (3), 9 p. D303. Doi: 10.1051/ocl/2017021.
- Mimi I.E, Saioud A., Berrama épse Souames Z. 2022.** Etude des facteurs influençant la production laitière : cas d'un élevage laitier dans la wilaya de Jijel. Journée scientifique à École Nationale Supérieure Vétérinaire, Alger. 39-43p.
- Mohamed-Brahmi A. , Tsiokos D., Ben Saïd S., Boudalia S. , Smeti S. , Bousbia A. , Gueroui Y. , Boudebbouz A. , Anastasiadou M. and Symeon G.K. , 2023.** Challenges and Opportunities of the Mediterranean Indigenous Bovine Populations : Analysis of the Different Production Systems in Algeria, Greece, and Tunisia. Sustainability 2022, 14, 3356. <https://doi.org/10.3390/su14063356>
- Montel M.C, Bouton Y, Parguel P., 2012.** Ecosystèmes des laits et des fromages au lait cru : enjeux pour leur maîtrise .URF INRA 545 F -15000 Aurillac.Renc.Rech .Ruminants, 2012
- Montel M.C., Beuvier E. et Hauwuy A., 2005.** Pratique d'élevage, microflore du lait et qualités des produits laitiers, INRA Prod. Anim., 16,279-282.
- Movassagh HM, Karami A.R., 2010.** Determination of antibiotic residues in bovine milk in Tabriz, Iran. Global Veterinaria 5: 195-197.
- MSD « Merck Sharp & Dohme Saude Animal » SANTE ANIMALE. 2024.** LA SANTE DES RUMINANTS : DIAGNOSTIC : évolution des paramètres biochimiques sanguins lors de mammite. – mars 2024. 12-36p.
- Nelf A.S, Notz C., Ivemeyer S., Walkenhorst M. 2015.** Notation de l'état corporel. FIBL.2p.

- Nielsen T.S., Straarup E.M., Vestergaard M., Sejrsen K, (2006).** Effect of silage type and concentrate level on conjugated linoleic acids, trans- C18:1 isomers and fat content in milk from dairy cows. *Reprod. Nutr. Dev.*,46, 699-712.
- Niemann H., Kuhla B., Flachowsky G., 2011.** Perspectives for feed efficient animal Production. *Journal of Animal Science*, 89:4344-4363.
- Nouad M.A., Askri A., Belhadi Z., 2000.** Etude systémique pour une contribution à la connaissance et à l'amélioration de l'élevage des ruminants dans la wilaya de Tizi-Ouzou. 3ème Journée de la Recherche sur les Productions Animales Tizi-Ouzou, 13-15 Novembre, 98-108, p 368.
- OMS. Organisation Mondiale de la Santé. 2020.** Bulletin du "Groupe de coordination interorganisations sur la résistance aux antimicrobiens (IACG)": Résistance aux antibiotiques. 31 juillet 2020. 12-27p.
- ONIL. 2023.** Office Nationale Interprofessionnel du lait : fichier : Elevage laitier en Algérie. 2013-2023.
- ONIL, 2017.** (Office National Interprofessionnel du Lait) : Résumé de la stratégie ONIL pour le développement de la filière lait en Algérie. (<https://onil.dz/resume-de-la-strategie-onil-pour-le-developpement-de-la-filiere-lait-en-algerie/>).
- Osorio, J.S.; Lohakare, J.; Bionaz, M. 2016.** Biosynthesis of milk fat, protein, and lactose: Roles of transcriptional and posttranscriptional regulation. *Physiol. Genom.* **2016**, *48*, 231–256.
- Ouakli K., Yakhlef H., 2003.** Performances Et Modalités De Production Laitière Dans La Mitidja. *Recherche Agronomique Vol 7*, n° 13, 15-24
- Ouarfli L., Chehma A., 2014.** Impact de la nature du régime, des quantités d'eau consommées et des conditions climatiques (température) sur les performances des vaches laitières dans la région de Ghardaïa. Algérie. *Revue des BioRessources Vol 4* n°1 Juin. p10. <http://revues.univ-ouargla.dz/images/banners/ASTimages/Bioresourcesimages/BIOV4N1/B040109.pdf>
- Ouchene-Khelifi N A, Lafri M, Ferrouk M and Ouchene N 2017** Physicochemical analysis of raw milk of Prim'holstein cows in the region of Mitidja in Algeria. *Livestock Research for Rural Development* 29 (6). <http://www.lrrd.org/lrrd29/6/nakh29113.html>.
- Pahl C, Hartung E, Grothmann A, Mahlkow-Nerge K, Haeussermann A. 2014.** Activité de rumination des vaches laitières dans les 24 heures avant et après le vêlage. *J Dairy Sci.* 97 :1-8p
- Paudyal S, Maunsell FP, Richeson JT, Risco CA, Donovan DA, Pinedo PJ. 2018.** Temps de rumination et suivi des troubles de santé en début de lactation. *Animal.* 12(7) :1484-1492.
- Pellerin D. 2021.** Travaux du réseau Canadien pour l'excellence laitière : Guide sur l'indice de durabilité des troupeaux laitiers du Canada "Cas de la race Prim'Holstein". Edition des centres Lactanet-Stela du 21 décembre 2021. 05-12p.
- Perreau J.M. 2014.** Conduire son troupeau de vaches laitières. Editions France Agricole Elevage Bovin .ISBN 9782855573458 (414p).France
- Perreau J-M. 2022.** Conduire son troupeau de vaches laitières. Editeur France Agricole, Collection : Agriproduction 2^{ème} édition. 400p
- Peyraud JL, Apper-Bossard E. 2006.** L'acidose latente chez la vache laitière. *INRA Productions Animales*,2006, 19 (2), 79-92.
- Peyraud JL, Delagarde R. 2013.** Managing variations in dairy cow nutrient supply under grazing. *Animal*, 2013, 7:s1, 57-67.
- Peyraud JL. 2019.** Le pâturage des vaches laitières : Données des résultats. Source CNIEL 2019. 6-9p.
- Pollott G E. (2004).** Deconstructing milk yield and composition during lactation using biologically based lactation models *J. Dairy Sci.*, 87, 2375-2387.

- Ponter. A. 2016.** Guide pratique de l'alimentation de la vache laitière. Edition La France Agricole. 264p.
- Purcell, P.J.; Law, R.A.; Gordon, A.W.; McGettrick, S.A.; Ferris, C.P. 2016.** Effect of concentrate feeding method on the performance of dairy cows in early to mid lactation. *J. Dairy Sci.* **2016**, 99, 2811–2824.
- Rastoin J-L et Gherzi G. 2010.** Le système alimentaire mondial : concepts et méthodes, analyses et dynamiques, Versailles, Quae. 1-4p.
- Reardon, T., Barrett, C.B., Berdegue, J.A., Swinnen, J.F.M., 2009.** Agrifood industry transformation and farmers in developing countries. *World Development* 37, 1717-1727.
- Reddy D N, Reddy M R and Ali M P .1991.** Effect of feeding urea treated paddy straw to lactating crossbred cows on nutrient utilization and quantity and quality of milk production. *Indian Journal of Dairy Science.* 1991,44: 9,539-542.
- Rekik F., 2005.** Détermination quantitative et qualitative des potentialités fourragères des Prairies naturelles de basse et moyenne altitude au niveau de la région de Batna. Thèse Magister INA El Harrach 94p.
- Reneau J.K, Seykora A.J, Heins B.J., Endres M.I., Farnsworth R.J., and Bey R.F. 2005.** Association between hygiene scores and somatic cell scores in dairy cattle. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 227 :1297–1301, 2005.
- Reynaud F. 2010.** L'élevage bovin. Presses universitaires de Rennes. P 13-16p.
- Rice E.M., Aragona K.M., Moreland S.C. 2019.** Supplementation of sodium butyrate to postweaned heifer diets: effects on growth performance, nutrient digestibility, and health. *J Dairy Sci.* 2019;102:3121–3130.
- Richard N. 2016.** Manuel de microbiologie appliquée à l'usage des techniciens de l'agroalimentaire et des laboratoires. Edition Lavoisier France. 424p.
- Rico D.E., Marshall E.R., Choi J., Kaylegian K.E., Dechow C.D., Harvatine K.J. (2014).** Within-milking variation in milk composition and fatty acid profile of Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 97, 4259-4268.
- Rico-Gomez D. et Faverdin P., 2001.** Equilibre énergétique et protéique de raisons complète à base d'herbe conservé pour des vaches laitières en début de lactation. *Rench.ruminants* pp291-294.
- Rigolot C., Martin G., Dedieu B. 2019.** Renforcer les capacités d'adaptation des systèmes d'élevage de ruminants: Cadres théoriques, leviers d'action et démarche d'accompagnement. INRAE. Vol. 32 No 1 (2019) 1-12.
- Robinson R. K. 2002.** *Dairy Microbiology Handbook*, third Edition, New York USA:John Wiley and Sons, p.764.
- Roumeas A., Gaudilliere N., Dubief F., Adam H., Belot P-E., Delaby L. 2014.** Pic de lactation, persistance et lien avec les performances de reproduction de vaches Montbéliarde en Franche-Comté. *Renc. Rech. Ruminants*, 2014, 21 277.
- Sadoud, M. 2025.** Dairy production: technical and economic results of lowland farms in the Chlef region of northern Algeria. *Afr.Res.J.Bio.Sc.* 2(2) (2025) 44-50.
<https://doi.org/10.62587/AFRJBS.2.2.2025.44-50>.
- Saidi R., Khelef D., Kaidi R. 2012.** Etude de l'incidence et de l'étiologie des mammites subcliniques dans les troupeaux bovins laitiers de la région centre de l'Algérie. Article de communication aux journées 3R France ; Rencontre-Recherche-Ruminants-2012, 9 :p.142.
- Sauvant D., Cantalapiedra-Hijar G., Lemosquet S., Nozière P., Berthelot V., Faverdin P. 2018.** Dépenses, efficacité métabolique et besoins en protéines et en acides aminés. Chapitre 7 de l'ouvrage : Modélisation Systémique Appliquée aux Ruminants : pages 133-155.

- Sauvant D., Nozière P., 2013.** La quantification des principaux phénomènes digestifs chez les ruminants : les relations utilisées pour rénover les systèmes d'unités d'alimentation énergétique et protéique. *INRA Prod. Anim.*, 26, 327-346.
- Sauvant D., 2000.** Granulométrie des rations et nutrition des ruminants. *INRAProd.Anim.*, 13, 99-108.
- Sauvant, D., Perez, J.-M., & Tran, G. 2004.** Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : Porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. INRA Editions / AFZ, 304 p.
- Sauvant D., 2004.** Principes généraux de l'alimentation animale. Polycope de cours, Institut National agronomique Paris-Grignon (INAPG). 147p.
- Schmitt E. 2022.** Alimentation et bien-être des vaches laitières. *Le Point Vétérinaire* n° 431 du 01/07/2022. Article original sur Elevage Laitier ; 6p.
- Schreiner D.A. and Ruegg P.L. 2003.** Relationship between udder and leg hygiene scores and subclinical mastitis. *Journal of Dairy Science*, 86 :3460–3465, 2003.
- Schwab C.G., Broderick G.A.A. 2017.** 100-year review : protein and amino acid nutrition in dairy cows. *J Dairy Sci*, 100 (2017), pp. 10094-10112
- Seddar-Yagoub F., Dahou A.A, Meskini Z., Doukani K. , Homrani A. 2023.** Prevalence and Risk Factors of Bovine Mastitis on Conventional Dairy Farms in Northwestern Algeria. Online : 19/10/2023. *Asian Journal of Dairy and Food Research*. 1-7p.
- Sharma R. 2006.** Chemical and Microbiological Analysis of Milk and Milk Products. Bhopal, Madhya Pradesh (India), p. 10- 170.
- Shelley, A.N.; Lau, D.L.; Stone, A.E.; Bewley, J.M. 2016.** Short communication : Measuring feed volume and weight by machine vision. *J. Dairy Sci.* **2016**, 99, 386–391.
- Shetty N., Løvendahl P., Lund M.S, Buitenhuis A.J. 2017.** Prediction and validation of residual feed intake and dry matter intake in Danish lactating dairy cows using mid-infrared spectroscopy of milk. *Journal of Dairy Science*. Volume 100, Issue 1. January 2017, Pages 253-264
- SMM « Station Météorologique de Mostaganem ».2023.** Conditions climatiques de la région de Mostaganem.
- SNIG. 2022.** Systèmes Nationaux d'Information Génétiques : Les élevages de bovins laitiers bio au Canada et en France : choix de conduite, génétique et résultats techniques « cas de la Prim'Holstein ». Résultats obtenus du projet financé par France-Génétique-Elevage et Réseau Laitier Canadien. 12-58p.
- Soberon F., Van Amburgh M.E. 2017.** Effects of preweaning nutrient intake in the developing mammary parenchymal tissue. *J Dairy Sci.* 2017; 100:4996–5004.
- Soltner., 2001.** Alimentation des animaux domestiques. Tome II : la pratique du rationnement des bovins, ovins caprins, porc- 21ème édition-2001 collection sciences et techniques agricoles. 272p.
- Soriani N., Trevisi E., Calamari L. 2015.** Relationship between rumination time, metabolic conditions and health status in dairy cows during the transition period. *Journal of Animal Science*. 90(12). 4544-4554.
- Souki Hakima. 2009.** Les stratégies industrielles et la construction de la filière lait en Algérie : portée et limites. Faculté de sciences de gestion. Université de Tizi-Ouzou, Algérie. *Revue Campus* N°15.1-13p.
- Sow A., Hakizimana J.N, Kalandi M, Bathily A, Mouiche M.M., Zabre M.Z, Kouamo J., Sawadogo G.J. 2016.** Évolution des paramètres biochimiques chez les vaches laitières supplémentées par le maïs et le tourteau d'arachide dans la région de Kaolack (Sénégal). *Journal of Applied Biosciences* 100 : 9515 – 9521

- Sprumont J., 2009.** Alimentation des bovins laitiers. AECF - Haïti, Mai. <http://www.codeart.org>.
- Sraïri M T, Ben Salem M, Bourbouze A, Elloumi M, Faye B, Madani T et Yakhlef H 2007** Analyse comparée de la dynamique de la production laitière dans les pays du Maghreb. Cahiers Agricultures 16 (4) : 251-257. http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/agr/e-docs/00/04/33/97/article.phtml.
- Stoll W., 2003.** Vaches laitières: l'alimentation influence la composition du lait. RAP Agri.N° 15/2003, vol. 9, Suisse.
- Sulejmani Z, Shebi A, Hajrulai Z, Mata E. 2012.** Abuse of pharmaceutical drugs-antibiotics in dairy cattle in Kosovo and detection of their residues in milk. J Ecosyst Ecogr 2: 114. Doi: 10.4172/2157-7625.1000114.
- Sutter F., 2013.** Augmentation de l'efficacité en production laitière. Revue UFA-1. www.ufarevue.ch
- Sycheva L.V, Pastukhov S.V. 2023.** Metabolism and milk productivity of cows when fed energy feed additives. Feeding of agricultural animals and fodder production. 2023;8.
- Tahlaiti H. , Dahou A.A, Rechidi Sidhoum N. et Homrani A. 2020.** Assessment of the cheese-making ability of individual cow milks from the experimental farm of the University of Mostaganem, Algeria. Vol 39, Issue 4 : 286-290. Journal : Asian Journal of Dairy and Food Research / <https://arccjournals.com/onlineFirstArticles>.
- Tao S., Monteiro A.P.A., Thompson I.M. 2012.** Effect of late-gestation maternal heat stress on growth and immune function of dairy calves. J Dairy Sci. 2012;95:7128–7136.
- Tarzaali D, Dechicha A, Gharbi S, Bouaissa MK, Yamnaine N, Guetarni D, (2008).** Recherche des résidus des tétracyclines et des bêta-lactamines dans le lait cru par le MRL Test (ROSA TEST) à Blida, Algérie. In : 6èmes Journées Scientifiques Vétérinaires sur le médicament vétérinaire : nouvelles approches thérapeutiques et impact sur la santé publique. E.N.V. Algérie. 23-24.
- Taylor VJ, Beever DF, Braynt MJ., 2003.** Metabolic profiles and progesterone cycles in first lactation dairy cows-Theriogenology, 1661-1677.
- Tedde, A.; Grelet, C.; Ho, P.N.; Pryce, J.E.; Hailemariam, D.; Wang, Z.Q.; Plastow, G.; Gengler, N.; Froidmont, E.; Dehareng, F.; et al. 2021.** Multiple Country Approach to Improve the Test-Day Prediction of Dairy Cows' Dry Matter Intake. *Animals* 2021, 11, 5.
- Temple D., Bargo F., Mainau E., Ipharraguerre I., Manteca X. 2016 :** Importance du repos chez la vache laitière. Document technique sur les animaux d'élevage. **Animal Welfare Education Centre.** 5p.
- Thénard V., Theau JP., Therond O., Duru M. 2007.** Représenter le système d'alimentation d'élevages laitiers pour comprendre leur stratégie d'adaptation au cahier des charges d'une IGP. INRAE Productions Animales. 20(5). 409-420.
- Thewis A., Bourbouze A. Compere R., Duplan J.M., Hardouin J., 2005.** Manuel de zootechnie comparée Nord-Sud. Ed INRA, p 656.
- Thievent R., 2016.** Une nouvelle approche de l'efficacité alimentaire. Recherche et Innovation. Conseil Elevage (CEL) 25-90. <http://www.conseilelevage2590.com/une-nouvelle-approche-de-lefficacite-alimentaire.html>.
- Ural, D. A . 2012.** The Analysis of Milk Yield and Reproductive Traits of Holstein Cows Raised at a Private Dairy Farm in Bozdoğan County of Aydın, Turkey. Animal Health, Prod. and Hyg. (2012) 1(2): 116 – 122.
- Vagneur R., 2001.** place du vétérinaire dans le conseil en nutrition en élevage laitier biologique. Bull. Group. Tech. vét. Hors série élevage et agriculture biologique, 51-56.

- Veissier, A. Butterworth, B. Bock, and E. Roe. 2008.** European approaches to ensure good animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science*, 113 :279–297, 2008.
- Veissier, A. Aubert, and A. Boissy. 2012.** Animal welfare : a result of animal background and perception of its environment. *Animal Frontiers*, 2 :7–15, 2012.
- Vignola C.L. 2010.** Science et Technologie du Lait. 2^{ème} Edition presses internationales polytechniques, Montréal. ISBN 2553015526 (600p) Canada.
- Vilain, L. 2008.** La méthode IDEA : indicateurs de durabilité des exploitations agricoles. Troisième édition. Guide d'utilisation. Edition Educagri, Dijon, France. 184 pp.
- Vilain A.-C. 2010.** Qu'est-ce que le lait. *Revue française d'allergologie* : Elsevier Masson, vol. 50, p. 124–127.
- Waiblinger S., Boivin X., Pedersen V., Tosi M.V., Janczak A.M., Visser E.K., and Jones R.B. 2006.** Assessing the human-animal relationship in farmed species : A critical review. *Applied Animal Behaviour Science*, 101 :185–242, 2006. doi :10.1016/j.applanim.2006.02.001.
- Wattiaux M.A., Howard.B 2017.** Aliments pour vaches laitières. Essentiels laitiers. Pp : 1-4.
- Webster A.J.F. 2009.** The virtuous bicycle : a delivery vehicle for improved farm animal welfare. *Animal Welfare*, 18 :141–147, 2009.
- Wemelsfelder F., Millard F., De Rosa G., and Napolitano F. 2009.** *Qualitative behaviour assessment*. Assessment of Animal Welfare Measures for Dairy Cattle, Beef Bulls and Veal Calves. Welfare Quality R Reports No 11. Cardiff University, UK, 2009.
- Wilkinson, J.M. 2011.** Re-defining efficiency of feed use by livestock. *Animal* **2011**, 5, 1014–1022.
- WOAH, World Organization of Animal Health. 2022.** Commission des normes sanitaires pour les animaux terrestres de l'OIE / Development of Animal Welfare Standards. September 2022. Projet de chapitre. Bien-être Animal dans les systèmes de production des bovins laitiers. 1-62p.
- Wolter R. 1997.** Alimentation de la vache laitière. Edition France Agricole. 263 pages.
- Wolter R., Ponter A., 2013.** Alimentation de la vache laitière, Ed. France Agricole. In Carjot A.C., 2013. 120p.
- Xi Y.M, Wu F., Zhao D.Q., Yang Z., Li L., Han Z.Y. and Wang G.L. 2016.** Biological mechanisms related to differences in residual feed intake in dairy cows. *Animal* (2016), 10:8, pp 1311–1318 © The Animal Consortium 2016. doi:10.1017/S1751731116000343
- Yerou, H., Homrani, A., Benhanassali, A., & Bousseadra, D. (2019).** Typological assessment of dairy farms systems in semi-arid Mediterranean region of Western Algeria. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 35(4), 335-349.
- Yozmane R., Mebirouk-Boudechiche L., Chaker-Houd K., and Abdelmadjid S. 2019.** Typologie des élevages bovins laitiers de la région de Souk-Ahras (Algérie) *Canadian Journal of Animal Science*. <https://doi.org/10.1139/cjas-2017-0179>
- Zaaijer D, Noordhuizen JPTM. 2003.** A novel scoring system for monitoring the relationship between nutritional efficiency and fertility in dairy cows. *Irish Veterinary Journal*, 2003, 56, 145-151.
- Zirmi-Zembri N., Kadi S. A., 2016.** Valeur nutritive des principales ressources fourragères utilisées en Algérie. 1- Les fourrages naturels herbacés. *Livestock Research for Rural Development* 28 (8). <http://www.lrrd.org/lrrd28/8/zemb28145.html>.

ANNEXES

Annexe 01 :**QUESTIONNAIRE**

Date :...../...../.....

Questionnaire établi par :.....

A- Localisation de l'exploitation et renseignement sur l'exploitant

Commune

Daira.....

Nom ou numéro de l'exploitant :

Dénomination :

Statut de l'exploitation

B- Nature d'activité :

1- Principale

2- Secondaire

Nature juridique : Propriété Location EAI EAC Ferme pilote Autres : à mentionner

Historique et évolution de l'exploitation

Propriétaire : Privé : Fonctionnaire : Autre :

Niveau scolaire : Aucun : Primaire : Secondaire : Universitaire :

Formation agricole : Oui Non

Nature de l'activité Principale Secondaire

Age :

C- Potentiel foncier

S.A.T	S.A.U	S.A.U en sec	S.A.U en irrigué	Superficie des fourrages

D- Production végétale

Culture	Type de culture	Période de récolte	Surface	Production

Autres cultures

Y a-t-il des variations interannuelles des superficies consacrées aux fourrages

Conservation des aliments fourragers :

Mode de conservation : Fanage Ensilage

Type d'ensilage : de foin de maïs de l'herbe autre

Stockage : Entier Aplatie Concassé Autre

E- Main d'œuvre :

Effectif	Poste occupé	Niveau intellectuel

F- Bâtiment d'élevage

Etable	Type de stabulation		Dimension	Etat				Aire de couchage			
	Libre	Entravée		Excellent	Bon	Moyen	Médiocre	Sol	Sol paillé	Béton paillé	Béton nu

G- Calendrier fourrager

Mois	Oct	Nov	déc	Jan	Fév	Mars	Avr	mai	juin	juil	Août	Sept

H- Ressources en eau :

Oued Puits Forage Autre

Bâche de stockage Volume Autre Volume

I/ Production animale

Elevage : Bovin Ovin Caprin Autre

Effectif et composition du cheptel bovin

Désignation	Vaches laitières	Génisses	Taurillon	Taureaux	Veaux	Velles
Achat/Local/Import						
Exploitation						
Total						
Age moyen						

J/ Conduite du troupeau

Alimentation

Ration alimentaire des vaches laitières

Saison	Composition	Quantité	Ration de base Mode de présentation	Fréquence de distribution
Hiver				
Printemps				
Eté				
Automne				

Période de pâturage

Saison	Prairie	Jachère	Chaume	Période
Hiver				
Printemps				
Eté				
Automne				

Organisation en mode de pâturage (pâturage tournant : existence d'une phase de transition)

Période à l'étable

Répartition des vaches par ha (densité)

Complémentation alimentaire

Complémentation à l'étable : oui non si oui à renseigner ce tableau

Complémentation à l'étable	Renseignement
Type de complémentation	
Quantité (kgs)	
Fréquence de distribution	

Fréquence de distribution par stade physiologique : Gestation Lactation

Suppléments nutritionnels pour augmenter la digestibilité du fourrage :

L/Tarissement	Durée	Conduite
.....		
M/ Hygiène et prophylaxie		
Hygiène à l'étable :		
Eclairage :	oui	non
Aération	Naturelle	Mécanique
Evacuation des bouses	Avec de l'eau	A sec
Fréquence de nettoyage de l'étable		Fréquence
Hygiène des animaux		Renouvellement de la litière
Nettoyage des animaux	oui	non
Fréquence		
Etat sanitaire		
Pathologies dominantes		
Principaux maladies selon la race et les catégories		
En cas de maladie : le protocole sanitaire établi (Accompagnement médical et médicaments utilisés)		
Vaccination et période :		
Traitement antiparasitaire :		
N/ Conduite de la traite et hygiène		
Salle de traite disponible	oui	non
Type de système de traite (libre, entravée).....		
Type de traite	manuelle	mécanique
Nombre de trayeurs par session de traite :		Nombre et intervalle
Nombre de sessions de traite par jour		
Horaires de traite		
Conduite	Extraction complète du lait avec égouttage finale	
Alimentation	avant	pendant
Nettoyage de la mamelle avant la traite :	absence	après
Nettoyage de la mamelle après la traite :	absence	collectif
Mode de nettoyage :		individuel
.....		
Elimination des premiers jets :	oui	non
Préparation des mamelles à la traite		
Nettoyage du matériel de traite :	Fréquence	
Produits de nettoyage utilisés :		
Contrôle du nettoyage :		
Entretien du matériel de traite	oui	non
Fréquence :		
Pratique d'entretien :		
.....		
Conservation du lait :		
Moyens		
Durée de stockage avant transfert vers la laiterie :		
Contrôle laitier :		
Lieu :	à l'étable :	Autre :
Contrôle quantitatif	oui	non
Contrôle qualitatif	oui	non
Si oui quels sont les paramètres de qualité analysés ?		
Production laitière :		
Nombre de vaches (en lactation) :		Race :
Production moyenne par lactation (kgs par lactation)		
Production laitière selon la saison :	Automne	Hiver
Printemps		Eté
Selon les phases de lactation :	Haute	Moyenne
Basse		
Aires de repos après la traite (disponibilité)	oui	non

Aires d'exercice extérieure

oui

non

O/ Divers et autres points liés à l'enquête

Gestion et traitement des lisiers :

Transport	Stockage
Racleurs automatiques	Lagon
Raclage mécanique au tracteur	Bassin
Flushing (rinçage)	Aire de stockage

Climat et ambiance de l'élevage :

Climat tempéré

Semi-aride

Aride

Bâtiments annexes disponibles :

- Pour vaches malades type :
- Pour vaches tarées type :
- Pour veaux et génisses type :

Remplacement des vaches laitières :

Fréquence

Taux

Génisses en surplus ou autres vendues à l'âge de (mois).....

Aire de traitement et de maternité :

Zone de soins et de traitement sanitaire : disponibilité infirmerie oui non

Zone de mise en quarantaine : disponibilité

Sevrage des veaux/ logement :

- En cases collectives
- En cases individuelles
- En niches à veaux

Age des veaux au sevrage (jours)

Age de vente des veaux mâles (jours)

Type de système d'alimentation des veaux :

- Par distributeurs automatiques du lait
- Par seaux à tétines
- Autres

Temps passé pour l'enquête :

Début :.....h/.....mn

Fin :.....h/.....mn

Observations :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Annexe 02 : Normes de qualité hygiénique (FAO/OMS, 2019) et de conformité physico-chimique des laits (IDF, 2018)

1- Normes d'évaluation de la qualité hygiénique et microbiologique du lait :

ANALYSE	Norme FAO/OMS, 2019
Cellules somatiques cellules/ml	400 000 < cel/ml lait ≤ 200000
Germes totaux germes ufc/ml à 37°C	< 10 ⁵
Germes psychrotrophes ufc/ml à 15°C	moins de 5000
Germes mésophiles ufc/ml à 30°C	moins de 10000
Germes thermophiles ufc/ml à 45°C	moins de 5000
Germes pathogènes ufc/ml	100 5.10³ 10 Absence 10³
Streptocoques fécaux	
Coliformes	
Coliformes fécaux	
Clostridium butyrique (spore/ml)	
Staphylocoques aureus	
Flore lactique ufc/ml	> 10 ⁴

2- Critères d'orientation des laits à la transformation/ à la qualité hygiénique (FAO/OMS, 2019)

Classe	Numération flore totale ufc/ml	Orientation « Technologie laitière »
A	< 5 10 ⁵	Technologie fromagère
B	8 10 ⁵ < Flore totale > 5 10 ⁵	Laits fermentés
C	> 8 10 ⁵	Laits de consommation

3- Normes d'évaluation de la qualité physico-chimique des laits de vache (IDF, 2018)

ANALYSE	Norme (IDF/2018)
Matière minérale mg/100 ml	Mini 70 à 80
Calcium mg/100ml	120 à 140
Phosphore mg/100 ml	85 à 90
Ca/P	1,4 à 1,6
Lipolyse meq / 100g de MG	moins de 0,89 meq/100 g de MG
Urée mg/L	300 >Urée > 200
Rendement fromager %	12 à 12,5
Rendement en MS%	19 à 21
PH	6,6 à 6,8
Extrait sec total %	11,5 à 13%
Matière protéique %	2,9 à 3,5%
Matière grasse %	3 à 3,8%
Lactose %	4 à 5%
Cryoscopie °C	entre -0,520 à -0,530
Densité du lait à 20°C	1030 à 1034

Annexe 03 : Tolérance et sensibilité minimale pour la détection des antibiotiques définie par (Delvotest, 2011)

Antibiotique	Unité de mesure	Dose de tolérance
Pénicilline	UI/ml	0,005
Chloramphénicol	µg/rnl	10
Streptomycine	µg/rnl	5
Chlortétracycline	µg/rnl	0,5
Terramycine	µg/rnl	0,4
Néomycine	µg/rnl	1
Cephalexin	µg/rnl	0,1
Sulfadiazine	µg/rnl	0,05

Annexe 04 : Caractérisation des élevages au niveau des 03 catégories d'exploitations

	Parité des V.L % (P ou M)	PCM des VL Kgs	PLJM (kg/V/j) 1 ^{ère} phase	PLJM (kg/V/j) 2 ^{ème} phase	PLJM (kg/V/j) 3 ^{ème} phase	Race/ origine	Rp
Catégorie 1							
E1	63,45% M	612	21,23	23,25	21,25	Allemagne	I.A
E2	61,98% M	615	21,18	22,98	21,22	Allemagne	I.A
E3	62,13% M	622	21,05	21,82	20,78	Allemagne	I.A
E4	64,08% M	598	21,25	23,35	21,58	Pologne	I.A
E5	67,12% M	587	21,12	23,15	21,20	Hollande	I.A
E6	58,88% M	613	21,10	23,30	21,78	Allemagne	I.A
E7	60,35% M	617	21,07	22,96	21,10	Hollande	I.A
E8	59,48% M	608	21,08	23,10	21,42	Allemagne	I.A
E9	63,86% M	582	21,27	23,18	21,91	Pologne	I.A
Moyenne	62.37	606	21,15	23,01	21,36		
Catégorie 2							
E1	76,28% M	577	18,10	19,03	18,32	Allemagne	I.A
E2	71,32% M	596	18,02	18,97	18,46	Allemagne	I.A
E3	70,97% M	582	18,15	19,08	18,35	Allemagne	I.A
E4	73,43% M	603	18,01	19,05	18,30	Allemagne	I.A
E5	75,87% M	594	17,98	18,92	18,27	Allemagne	I.A
E6	77,03% M	588	18,04	18,83	17,99	Allemagne	M.N
Moyenne	74.15	590	18,05	18,98	18.28		
Catégorie 3							
E1	82,33% M	591	17,52	18,32	17,77	Allemagne	M.N
E2	80,97% M	579	17,57	18,35	17,83	Allemagne	I.A
E3	83,12% M	588	17,36	18,20	17,92	Allemagne	M.N
E4	80,32% M	575	17,32	18,17	17,58	Hollande	M.N
E5	80,08% M	584	17,60	18,42	18,01	Allemagne	M.N
E6	79,66% M	587	17,51	18,04	17,81	Allemagne	M.N
Moyenne	81.08	584	17,48	18,25	17,82		

E : Exploitation d'élevage, I.A : Insémination artificielle, M : Multipare, MN : Monte naturelle, P : Primipare, PCM : Poids corporel moyen, PLM : Production laitière journalière moyenne (Par phase de lactation), Rp : Reproduction.