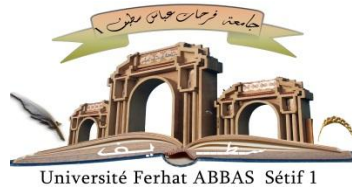


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITÉ FERHAT ABBAS - SETIF1

**FACULTE DES SCIENCES DE LA
NATURE ET DE LA VIE**

THÈSE

Présentée au Département des Sciences Agronomiques

Pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT

Filière : Agronomie

Option : Production animale

Par

GUEDJAL Fatiha

THÈME

**Analyse des systèmes d'alimentation des troupeaux
bovins laitiers et optimisation de la production
laitière via des rations complètes dans la région
semi-aride sétifienne**

Soutenue le 11 /02 /... devant le Jury :

MEBARKIA Amar	Professeur	Univ. Ferhat Abbas Sétif 1	Président
BIR Abdenour	M.C.A.	Univ. Ferhat Abbas Sétif 1	Directeur de thèse
MOUFFOK Charef-Eddine	M.C.A.	Univ. Ferhat Abbas Sétif 1	Co-Directeur
BENIDIR Mohamed	Professeur	INRA Algérie	Examineur
BAA Abdelhamid	Professeur	Univ. M'sila	Examineur
MEREDEF Aissa	M.C.A.	Univ. Batna	Examineur

Table des matières

Remerciements	
Résumé	
Abstract.....	
المخلص	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures.....	
Introduction.....	1
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	5
CHAPITRE I : FILIERE LAIT ET POTENTIALITES AGRICOLES ET FOURRAGERES EN ALGERIE	6
1. Situation et structure de la filière lait :	7
1.1 Introduction :	7
1.2 Production laitière en Algérie :	7
1.3 Évolution de la production du lait cru :	8
1.4 Répartition régionale de la production laitière :	8
1.5 La collecte :	8
1.6 Les importations :	10
1.6.1 Poudre de lait (PDL) :	10
1.6.2 Matière grasse laitière anhydre (MGLA) :	10
1.6.3 Génisses pleines à haut potentiel génétique :	10
2. Potentiel agricole de l'Algérie :	11
2.1 Les caractéristiques bioclimatiques de l'Algérie :	11
2.2 Situation des productions fourragères :	12
2.2.1 Les fourrages cultivés :	13
2.2.2 Les sous-produits agro-industriels et agricoles :	14
2.2.3 Les fourrages naturels :	14
3. Contraintes de la filière lait en Algérie :	16
3.1 Contraintes exogènes :	16
3.2 Contraintes endogènes :	17
CHAPITRE II : ALIMENTATION DE LA VACHE LAITIERE	19
1. Physiologie digestive des ruminants :	20
1.1 Introduction :	20
1.2 Digestion des aliments par les microorganismes ruminiaux :	21
1.2.1 Digestion des glucides :	21

1.2.2	Digestion des lipides :	22
1.2.3	Digestion des protéines :	23
2.	Alimentation de la vache laitière :	24
2.1	Système d'unités d'alimentation :	24
2.2	Principes de rationnement :	25
2.2.1	Expression des besoins des animaux et des apports de la ration :	26
2.2.2	Capacité d'ingestion :	32
2.2.3	Calcul de la valeur des aliments :	36
2.2.4	Calcul de la ration :	40
2.3	Stratégies d'alimentation :	43
	CHAPITRE III : CONCEPT DES RATIONS COMPLETES	44
1.	Introduction :	45
2.	Ration complète :	45
3.	Ration semi complète :	45
4.	L'aliment mash :	46
5.	Caractéristiques Constitutionnelles de la RTM :	48
6.	Caractéristiques nutritionnelles de la RTM :	49
6.1	Les fibres :	49
6.2	Les Sucres solubles et l'amidon :	50
6.3	Les Lipides :	51
6.4	Les matières azotées :	51
6.5	Les vitamines et les minéraux :	52
7.	Impact de l'alimentation avec des RTM sur les performances animales :	52
7.1	Effets sur l'ingestion :	52
7.2	Effets sur la production laitière :	53
7.3	Effets sur les performances de reproduction :	53
7.4	Effets sur la santé :	54
8.	Impact de l'alimentation sur la composition du lait :	54
8.1	Effet de la nature de fourrage :	54
8.2	Effet de la fibrosité de la ration :	55
8.3	Effet de la proportion de concentrés :	56
8.4	Effet de la supplémentation lipidique :	57
8.5	Effet de l'apport en protéines :	58
	PARTIE EXPERIMENTALE	60
1.	Problématique de recherche :	61
2.	Matériel et méthodes :	65

2.1	Présentation de la zone d'étude :	65
2.1.1	Situation géographique :	65
2.1.2	Climat :	65
2.1.3	Relief et sol :	66
2.1.4	Ressources hydriques :	67
2.2	L'agriculture de la région d'étude :	68
2.2.1	Production végétale :	69
2.2.2	Production animale :	69
2.3	Déroulement de l'étude :	70
2.3.1	Objectifs et démarche :	70
CHAPITRE I : PRATIQUES D'ELEVAGE ET TYPOLOGIE DES EXPLOITATIONS		73
1.	Introduction :	74
2.	Matériel et méthodes :	74
2.1	Enquêtes de terrain :	74
2.2	Analyses statistiques :	76
3.	Résultats :	76
3.1	Caractéristiques des exploitations enquêtées :	76
3.1.1	Profil des éleveurs enquêtés :	79
3.1.2	Statut juridique des exploitations :	80
3.2	Le foncier agricole :	81
3.2.1	L'existence de terres agricoles :	81
3.2.2	La superficie agricole utilisée :	81
3.2.3	La SAU irriguée :	82
3.3	La production végétale :	82
3.3.1	Les céréales :	83
3.3.2	Production maraîchère :	84
3.4	Conduite des troupeaux :	84
3.4.1	L'élevage bovin :	84
3.4.2	L'élevage ovin :	87
3.4.3	L'élevage caprin :	88
3.5	Les Bâtiments d'élevage :	88
3.6	Conduite de la reproduction :	90
3.6.1	Pratiques d'insémination :	90
3.6.2	Poids des veaux à la naissance :	92
3.7	Les performances de production laitière :	92
3.7.1	La durée de lactation :	92

3.7.2	Pratiques de traite :	93
3.7.3	La production laitière :	94
3.8	Problèmes de santé :	95
3.9	Typologie structurelle des exploitations enquêtées :	95
3.9.1	L'Analyse des correspondances multiples :	96
3.9.2	Représentativité des facteurs identifiés par l'ACM :	97
3.9.3	Groupes d'exploitations identifiés :	98
4.	Discussion :	102
5.	Conclusion et perspectives :	106
CHAPITRE II : DIAGNOSTIC DES SYSTEMES D'ALIMENTATION ET DE L'AUTONOMIE ALIMENTAIRE.....		108
1.	Introduction :	109
2.	Matériels et méthodes :	110
2.1	Nature et origine des données :	110
2.2	Calcul de l'autonomie alimentaire :	110
2.3	Calcul de l'efficacité alimentaire :	111
2.4	Traitement des données :	111
3.	Résultats :	112
3.1	Disponibilités alimentaires :	112
3.1.1	La production fourragère :	112
3.1.2	Le stockage des aliments :	114
3.2	Les achats d'aliments :	115
3.3	Les pratiques alimentaires :	117
3.3.1	Conduite de l'alimentation :	117
3.3.2	L'abreuvement des animaux :	121
3.3.3	Les besoins alimentaires :	124
3.4	L'autonomie alimentaire :	124
3.4.1	Autonomie des types d'élevages identifiés :	126
3.5	Typologie des élevages en fonction de leurs différents niveaux d'autonomie :	127
3.5.1	Observation graphique de l'analyse en composante principale (ACP) : ..	127
3.5.2	Types des classes d'autonomie identifiées :	128
3.6	Effet des différents niveaux d'autonomie sur la production laitière :	132
3.7	Appartenance des exploitations aux classes d'autonomie, aux régions et aux types d'élevages :	132
3.8	Facteurs de variation de l'autonomie :	133
4.	Discussion :	134
5.	Conclusion :	138

CHAPITRE III : EUDE DE L'IMPACT DES RATIONS TOTALES MELANGEES SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES DES VACHES LAITIERE..... 140

1. Introduction :	141
2. Matériels et méthodes :	142
2.1 Matériel animal et protocole expérimentale :	142
2.2 Composition des rations alimentaires :	142
2.3 Paramètres suivis :	145
2.3.1 Indicateurs zootechniques :	145
2.3.2 Indicateurs de reproduction :	146
2.4 Collecte des échantillons du lait :	146
2.4.1 Composition Physico-chimiques :	146
2.5 Calcul des performances économiques :	147
2.6 Le traitement des données :	147
3. Résultats et discussions :	147
3.1 Caractéristiques des Génisses au début de l'expérimentation :	147
3.2 Apports alimentaires des trois régimes :	148
3.2.1 Consommation de la matière sèche :	148
3.2.2 Apports énergétiques :	149
3.2.3 Apports protéiques :	150
3.3 Poids vif des vaches au début de l'expérimentation :	151
3.3.1 Evolution du poids vif des vaches durant les deux lactations :	152
3.3.2 Poids des veaux à la naissance :	153
3.3.3 Réserves corporelles :	154
3.4 Score de remplissage du rumen :	156
3.5 Matières fécales :	157
3.6 Production laitière :	158
3.6.1 Première lactation :	158
3.6.2 Deuxième lactation :	158
3.6.3 Evolution de la production laitière durant les deux lactations :	160
3.6.4 Production laitière des mères :	161
3.6.5 Tarissement :	163
3.7 Caractéristiques physicochimiques du lait :	164
3.7.1 pH :	165
3.7.2 Taux butyreux :	165
3.7.3 Taux protéique :	167
3.7.4 Rendements en matière grasse et en protéines :	168

3.7.5	Ratio TB/TP :.....	169
3.7.6	Densité :.....	170
3.7.7	Extrait sec total et dégraissé :	171
3.7.8	Lactose :.....	172
3.7.9	Mouillage :.....	173
3.8	Performances de reproduction :.....	173
3.8.1	Les paramètres de fécondité :	173
3.8.2	Les paramètres de fertilité :	176
3.9	Performances économiques :.....	177
3.9.1	Évolution des performances économiques et productives :.....	177
3.9.2	Impact de la gestion de la reproduction :.....	177
3.9.3	Coût de production du lait :	178
4.	Conclusion :	179
5.	Conclusion générale :.....	180
	Références bibliographiques.....	182
	ANNEXES.....	215

Remerciements

À l'issue de ce travail de recherche, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Je tiens tout d'abord à exprimer **mes sincères remerciements à Monsieur Abdenour BIR** Maître de Conférences à l'Université de Sétif et directeur de cette recherche, pour sa bienveillance, son accompagnement précieux et ses conseils avisés tout au long de cette aventure. Ses remarques pertinentes et ses encouragements ont été déterminants pour la bonne conduite de cette étude.

Je souhaite ensuite exprimer ma profonde gratitude à Monsieur **Charef-Eddine MOUFFOK** Maître de conférences à l'Université de Sétif et co-directeur de ce travail, pour sa contribution à la réalisation de ce travail, sa disponibilité et ses conseils précieux.

Je remercie également les membres du jury, pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour leurs remarques pertinentes qui ont grandement contribué à l'enrichissement de cette recherche.

Mes remerciements s'adressent également à l'ensemble du personnel de la ferme école COOPSEL et de la Laiterie El ANFEL, en particulier à **Monsieur Laid MERATLA**, Directeur technique. Son accueil, sa disponibilité et les efforts considérables qu'il a déployés pour faciliter notre travail ont été essentiels pour le bon déroulement de cette étude.

Je remercie également le personnel administratif du DSA de Sétif, ainsi que les propriétaires des exploitations enquêtées pour leur collaboration.

Enfin, je remercie ma famille et mes proches, pour leur patience, leur compréhension et leur soutien tout au long de ces années d'études.

Résumé

Cette étude vise à caractériser les pratiques alimentaires dans les élevages bovins laitiers de la région semi-aride de Sétif et à optimiser la production laitière à travers l'utilisation de rations complètes. Une enquête a été menée auprès de 147 exploitations laitières, et une expérimentation a été conduite au sein de la ferme école COOPSEL, impliquant 18 vaches laitières suivies durant leur première et deuxième lactation. L'étude a comparé trois régimes alimentaires distincts pour évaluer leur impact sur divers paramètres zootechniques, notamment la production de lait, la longévité productive et la rentabilité de l'élevage.

L'analyse de la conduite alimentaire révèle que les élevages laitiers sont largement dépendants des approvisionnements extérieurs, avec une faible autonomie alimentaire globale. Les pratiques de pâturage incluent le système zéro pâturage et le système semi-pâturage. La complémentation ne prend pas en compte les besoins spécifiques des vaches, et le rationnement est réalisé par seulement 6,8 % des éleveurs. À travers une analyse typologique, quatre classes d'élevage ont été identifiées : les grandes exploitations à vocation céréalière associée à l'élevage bovin laitier et ovin ; les exploitations de taille moyenne, combinant la production céréalière et l'élevage bovin laitier ; les petites exploitations à vocation céréalière et élevage bovin ; et les exploitations de type élevage bovin laitier en hors sol.

Les principales sources de variation sont la surface agricole utile, la superficie consacrée au fourrage et la quantité de concentré distribuée par vache et par jour. Les performances laitières sont considérées comme très faibles. Les exploitations considèrent la culture du fourrage comme une activité secondaire et ne participent pas à un réel potentiel laitier et restent loin d'atteindre les objectifs d'un système intensif et performant.

L'utilisation de rations totales mélangées pour les vaches laitières a permis d'obtenir de meilleures performances, tant en termes de production ($6\,439,75 \pm 347,51$ kg/vl/an) que de persistance de lactation (92,95 %), tout en réduisant le coût de production du lait par rapport aux systèmes d'alimentation conventionnels. Ces rations ont contribué à diminuer les troubles digestifs et à maintenir une meilleure stabilité des composants du lait. Elles ont également montré des résultats favorables en reproduction, avec un taux de réussite en première insémination plus élevé. Ces

résultats confirment l'efficacité des rations totales mélangées comme une stratégie prometteuse pour soutenir la performance globale des troupeaux laitiers.

Mots clés : Alimentation, Vache laitière, Lait, Ration, Valorisation, Optimisation.

Abstract

This study aims to characterize feeding practices in dairy cattle farms in the semi-arid region of Sétif and to optimize milk production through the use of complete rations. A survey was conducted with 147 dairy farms, and an experiment was carried out at the COOPSEL farm involving 18 dairy cows monitored during their first and second lactation. The study compared three distinct feeding regimes to evaluate their impact on various zootechnical parameters, including milk production, productive longevity, and farm profitability.

The analysis of feeding practices reveals that dairy farms are heavily dependent on external supplies, indicating a low level of overall feed self-sufficiency. Grazing practices include zero grazing and semi-grazing systems. Supplementation does not address the specific needs of the cows, and only 6,8% of farmers implement feed rationing. Through a typological analysis, four classes of farming were identified: large farms with a focus on cereal production combined with dairy cattle and sheep farming; medium-sized farms combining cereal production and dairy cattle farming; small farms focused on cereal production and dairy cattle farming; and farms specializing in dairy cattle farming in a zero-grazing system. The main sources of variation are the usable agricultural area, the area allocated to forage, and the amount of concentrate distributed per cow per day. Dairy performance is considered very low. Farms view forage cultivation as a secondary activity and do not fully realize their dairy potential, remaining far from achieving the goals of an intensive and efficient system.

The use of total mixed rations for dairy cows has led to better performance in both production ($6\,439,75 \pm 347,51$ kg/cow/year) and lactation persistence (92.95%), while reducing the cost of milk production compared to conventional feeding systems. These rations have helped decrease digestive disorders and maintain better stability of milk components. They have also shown favorable results in reproduction, with a higher success rate in first insemination. These results confirm the effectiveness of total mixed rations as a promising strategy to support the overall performance of dairy herds.

Keywords: Feeding, Dairy Cows, Milk, Ration, Valorization, Optimization.

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل الممارسات الغذائية في مزارع الأبقار الحلوب في منطقة سطيف شبه القاحلة، وتحسين إنتاج الحليب من خلال استخدام حصص مختلطة. تم إجراء استقصاء شمل 147 مزرعة لتربية الأبقار الحلوب، وتم تنفيذ تجربة في المزرعة التجريبية COOPSSEL شملت 18 بقرة حلوب تم متابعتها خلال فترة الرضاعة الأولى والثانية. قارنت الدراسة بين ثلاثة أنظمة غذائية مختلفة لتقييم تأثيرها على أدائها الإنتاجي، بما في ذلك إنتاج الحليب، الاستدامة الإنتاجية، وربحية المزرعة.

تحليل الممارسات الغذائية يكشف أن مزارع الألبان تعتمد بشكل كبير على الإمدادات الخارجية، حيث تظهر الاستقلالية الغذائية الذاتية بنسبة منخفضة. تشمل ممارسات الرعي نظام عدم الرعي ونظام الرعي الجزئي. المكملات الغذائية لا تأخذ بعين الاعتبار الاحتياجات الخاصة للأبقار ويمارس فقط 6,8% من المزارعين نظام الحصة الغذائية المتوازنة. من خلال التحليل النوعي، تم تحديد أربع فئات من أنظمة التربية: المزارع الكبيرة ذات التوجه الزراعي المرتبط بإنتاج الحبوب وتربية الأبقار الحلوب والأغنام؛ المزارع المتوسطة الحجم التي تجمع بين إنتاج الحبوب وتربية الأبقار الحلوب؛ المزارع الصغيرة التي تركز على إنتاج الحبوب وتربية الأبقار؛ و المزارع المتخصصة في تربية الأبقار الحلوب في أنظمة الخالي من الرعي، حيث تتمثل المصادر الرئيسية للتنوع في المساحة الزراعية المفيدة والمساحة المخصصة للعلف وكمية العلف المركز الموزعة لكل بقرة يوميًا. تعتبر المزارع زراعة الأعلاف كنشاط ثانوي ولا تستفيد بشكل كامل من إمكانياتها الإنتاجية، مما يجعلها بعيدة عن تحقيق أهداف النظام المكثف والفعال.

وقد أدى استخدام الحصص الغذائية المختلطة الإجمالية للأبقار الحلوب إلى تحسين الانتاج، سواء من حيث الإنتاج ($6439,75 \pm 347,51$ كغ/بقرة/سنة) أو من حيث استمرارية الإدارة (92,95 %) مع تقليل تكلفته مقارنةً بأنظمة التغذية التقليدية، وساهمت أيضا هذه الحصص في تقليل الاضطرابات الهضمية والحفاظ على استقرار أفضل لمكونات الحليب. كما أظهرت نتائج إيجابية في مجال التكاثر، مع ارتفاع معدل نجاح التلقيح الأول. تؤكد هذه النتائج فعالية نظام الحصص الغذائية المختلطة كاستراتيجية واعدة لدعم الأداء العام للقطعان الحلوب.

الكلمات المفتاحية: التغذية، الأبقار الحلوب، الحليب، الحصة الغذائية، التثمين، التحسين.

Liste des abréviations

AA : Acides aminés

AADI : Acides aminés digestibles dans l'intestin

ACP : Analyse en composantes principales

ADF : Fibres insolubles dans le détergent acide

ADL : Lignine insoluble dans l'acide sulfurique

AFC : Analyse factorielle des correspondances

AFCM : Analyse factorielle des correspondances multiples

AGEA : Approche globale de l'exploitation agricole

AGV : Acides gras volatils

AnGR : Ressources génétiques animales en Algérie

AGPI : Acides gras polyinsaturés

besPDI_NP : Besoins en PDI pour les fonctions non productives

besUFL : Besoins énergétiques

BLA : Bovin laitier amélioré

BLL : Bovin laitier locale

BLM : Bovin laitier moderne

BPR : Balance protéique du rumen (g/kg MS)

C2 : Acide acétique

C3 : Acide propionique

C4 : Acide butyrique

CAH : Classification ascendante hiérarchique

CI : Capacité d'ingestion des animaux ruminants

CLA : Acides Linoléiques Conjugués

CNIS : Centre national de l'information et des statistiques des Douanes

COOPSEL : Coopérative agricole de services spécialisée en élevage

DCS : Digestibilité pepsine-cellulase

dE : Digestibilité de l'énergie

dMA : Digestibilité de la matière azotée

dMO : Digestibilité de la matière organique

DSA : Direction des services agricole

DT : Dégradabilité théorique

DT_N : Dégradabilité théorique de l'azote dans le rumen

EAC : Exploitation agricole collectif

EAI : Exploitation agricole individuelle

EB : Energie brute (kcal /kg de MS);

ED : Energie digestible

EffPDI : Efficacité de l'utilisation des PDI (g/g)

EM : Energie métabolisable

EN : Energie nette

FAO : Organisation pour l'alimentation et l'agriculture

I_{act} : Indice d'activité

INRA : Institut national de la recherche agronomique

K : Rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette

LPS : Lait pasteurisé en sachet

MADR : Ministère de l'agriculture et du développement rural

MG : Matière grasse

MGLA : Matière grasse laitière anhydre

MM : Matière minérale

MOD : Matières organiques digestibles

MOF : Matière organique fermentescible

MOND : Concentration en matière organique non digestible du régime (g/kg MS)

MSI : Matière sèche totale ingérée

MSVI : Matière sèche volontairement ingérée

NDF : Fibres insolubles dans le détergent neutre

NEC : Note d'état corporelle

NORFOR : Nordic feed evaluation system

NRC : National research council

ONIL : Office national interprofessionnel du lait

ONM : Office National de la Météorologie

PDI : Protéines digestibles dans l'intestin (g/kg MS)

PDI_PEF : Besoins en PDI liés aux pertes fécales

PDI_PPha : Besoins en PDI liés aux pertes des phanères

PDI_PUendo : Besoins en PDI liés aux pertes endogènes urinaires

PDIA : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire

PDIM : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne

PDIME : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne permises par l'énergie

PDIMN : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne permises par l'azote

PDL : Poudre de lait

PNDA : Plan national du développement de l'agriculture

PRAR : Programme du renouveau agricole et rural

PV^{0,75} : Poids métabolique (kg)

q : Rendement de l'énergie brute en énergie métabolisable

SAT : Surface agricole totale

SAU : Superficie agricole utile

SaV : Semaine avant vêlage

SF : Superficie Fourragère

SG : Semaine de gestation

TB : taux butyreux

TP : Taux Protéique

TSg : Taux de substitution global

UE : Unité d'encombrement

UE : Unité d'encombrement

UEB : Unité d'encombrement bovin

UEL : Unité d'encombrement lait

UFL : Unité Fourragère Lait

UFV : unité fourragère viande

UTH : Unité de travailleur humain

VE : Valeur d'encombrement des aliments

Liste des tableaux

Tableau 1: Superficies et production des fourrages cultivés en Algérie (MADR, 2019)	13
Tableau 2: Besoins des vaches laitières en matières azotées (INRA, 2018)	29
Tableau 3: Besoins en calcium et en phosphore absorbable chez les bovins (Meschy, 2017)	31
Tableau 4: Apports journaliers recommandés en vitamines pour les ruminants (Meschy, 2007)	32
Tableau 5: Principes de calcul de la valeur alimentaire (INRA, 2018)	37
Tableau 6: Valeurs recommandées pour les principaux paramètres associés à l'acidose ruminale (D'après Sauvant et Peyraud, 2010)	51
Tableau 7: Impact des trois stratégies alimentaires sur la production et la composition du lait (D'après Moujahed et al., 2009)	53
Tableau 8: Répartition des terres agricoles dans la wilaya de Sétif (DSA, 2022)	68
Tableau 9: Cultures végétales de la région de Sétif (DSA, 2022)	69
Tableau 10: Effectif des animaux dans la région de Sétif (DSA, 2022)	70
Tableau 11: Étapes et schéma de recherche	70
Tableau 12: Distribution des exploitations enquêtées dans les différentes régions de la wilaya de Sétif	75
Tableau 13: Caractéristiques des exploitations enquêtées dans la région d'étude	77
Tableau 14: Corrélation entre les éléments structurels	78
Tableau 15: Caractéristiques générales des dirigeants des fermes enquêtées	80
Tableau 16: Distribution des fermes enquêtées selon la SAU	82
Tableau 17: Irrigation des terres agricoles	82
Tableau 18: La culture céréale dans la région d'étude	84
Tableau 19: Les causes de réformes des vaches dans les élevages étudiés	87
Tableau 20: Répartition des effectifs animaux dans les différentes zones agroécologiques de la wilaya de Sétif	88
Tableau 21: Caractéristiques des bâtiments d'élevages	89
Tableau 22: Classement des exploitations selon la superficie des bâtiments d'élevage	90
Tableau 23: Poids des veaux à la naissance des différentes races dans les élevages visités	92

Tableau 24: Durée moyenne de la lactation des différentes races de vaches laitières des élevages enquêtés.....	92
Tableau 25: Variation saisonnière de la production laitière dans les élevages enquêtés	95
Tableau 26: Variables actives retenues pour l'analyse en correspondances multiples	96
Tableau 27: Valeurs propres et pourcentages cumulés des axes factoriels	98
Tableau 28: Caractéristiques des élevages bovins enquêtés selon les différents groupes identifiés par analyse typologique	99
Tableau 29: Cultures fourragères pratiquées dans les élevages enquêtés.....	113
Tableau 30: Classement des élevages selon la durée de stockages des aliments.....	115
Tableau 31: Quantités mensuelles d'aliments achetés dans les exploitations enquêtées	116
Tableau 32: Aliments utilisés par les exploitations enquêtées au cours des différentes saisons	118
Tableau 33: Pratiques alimentaires dans les exploitations étudiées.....	120
Tableau 34: Effet de la conduite d'abreuvement sur la production laitière	123
Tableau 35: Besoins alimentaires quotidiens des troupeaux	124
Tableau 36: Niveaux d'autonomie alimentaire dans les élevages enquêtés	125
Tableau 37: Corrélation entre les différents critères d'autonomie des exploitations étudiées	126
Tableau 38: Degrés des divers critères d'autonomie alimentaire selon les quatre types de systèmes d'élevages	127
Tableau 39: Valeurs propres de l'ACP des différents niveaux d'autonomie.....	128
Tableau 40: Caractéristiques des différentes classes d'autonomie d'alimentations des exploitations étudiées.....	129
Tableau 41: Appartenance des exploitations enquêtées aux classes d'autonomie, aux régions et aux types d'élevages.....	133
Tableau 42: Effet des différentes variables sur les critères d'autonomie (pentes des régressions $\pm$ écart type)	134
Tableau 43: Composition des régimes alimentaires	143
Tableau 44: Quantités distribuées pour les trois rations pendant la 1ère et la 2ème lactation.....	143
Tableau 45: Caractéristiques nutritionnelles des régimes alimentaires étudiés.....	144
Tableau 46: Caractéristiques des Génisses dans les trois lots.....	148

Tableau 47: Consommation de matière sèche et apports nutritionnels des différentes rations durant les deux lactations.....	150
Tableau 48: Variation du poids vif et de la note d'état corporel au cours des deux lactations pour les trois lots.....	151
Tableau 49: Score moyen de rumen des vaches en lactation (1ère et 2ème) on fonction des trois rations alimentaires.....	157
Tableau 50: Consistance des matières fécales et fraction fécale non digérée chez les vaches en lactation selon les trois types de rations	158
Tableau 51: Production laitière moyenne des vaches des trois lots au cours des deux premières lactations	159
Tableau 52: Caractéristiques physicochimiques du lait au cours des deux premières lactations	164
Tableau 53: rendements en matière grasse et en protéines du lait pour chaque lot au cours des deux premières lactations.....	169
Tableau 54: Indicateurs de fécondité des vaches des trois lots.....	173
Tableau 55: Variation des paramètres de fertilité pour les vaches des trois lots	176
Tableau 56: Comparaison des Performances économiques et productives de trois Lots	179

Liste des figures

Figure 1: Évolution de la production, de la collecte et du taux de collecte de lait en Algérie (MADR, 2019).....	9
Figure 2: Répartition de la superficie fourragère en Algérie (MADR, 2007)	12
Figure 3: Distribution de la production fourragère en Algérie (MADR, 2009).....	16
Figure 4: Les Principes généraux de rationnement des ruminants (INRA, 2018).....	26
Figure 5: Les étapes de l'utilisation de l'énergie par les ruminants (INRA, 2018)	27
Figure 6: Les principaux facteurs qui influencent la capacité d'ingestion des ruminants	34
Figure 7: Démarche complète de calcul de la valeur alimentaire pour les fourrages (A) et pour les aliments concentrés (B) (INRA, 2018)	40
Figure 8: Approche du calcul d'une ration (INRA, 2018).....	42
Figure 9: Teneur en fibres des matières premières utilisées dans les concentrés des rations totales mélangées (d'après Baumont et al., 2007)	50
Figure 10: Carte des zones géographiques de la région de Sétif	67
Figure 11: Ressources hydriques de la région de Sétif (DRH. 2006).....	68
Figure 12: Répartition des exploitations selon le cheptel laitier.....	77
Figure 13: Distribution des fermes selon leur statut juridique.....	81
Figure 14: Répartition des exploitations selon la présence de terres agricoles.....	81
Figure 15: Distribution des principales cultures céréalières	84
Figure 16: Structure du cheptel bovin dans les fermes étudiées	85
Figure 17: Les différentes races bovines exploitées dans la région d'étude.....	86
Figure 18: Classification des exploitations selon l'âge de reformes des vaches	87
Figure 19: Types d'insémination dans les élevages enquêtés	91
Figure 20: Répartition des méthodes de traite selon le nombre de vaches laitières	93
Figure 21: Distribution des élevages selon le mode de nettoyage des mamelles	94
Figure 22: Distribution des exploitations selon les principaux problèmes de santé des vaches.....	95
Figure 23: Dendrogramme des types des exploitations	98
Figure 24: Parangons des différents groupes d'exploitations identifiés dans la zone d'étude.....	99
Figure 25: Distribution des exploitations selon les difficultés de stockage des fourrages	115

Figure 26: Répartition des achats d'aliments par les exploitations enquêtées.....	117
Figure 27: Répartition des aliments selon la saison.....	119
Figure 28: Distribution des exploitations selon les critères de choix des concentrés	121
Figure 29: Les sources d'abreuvements dans la région d'étude	122
Figure 30: Représentation graphique simplifiée du plan 1-2 de l'analyse en composante principales des différentes variables d'autonomie alimentaire	128
Figure 31: Parangones des 146 exploitations groupées selon leur niveau d'autonomie	129
Figure 32: Coefficients de corrélation entre l'autonomie alimentaire et la production laitière journalière moyenne	132
Figure 33: Evolution du poids vif au cours de la première lactation en fonction des trois régimes alimentaires	153
Figure 34: Evolution du poids vif au cours de la deuxième lactation en fonction des trois régimes alimentaires	153
Figure 35: Poids des veaux à la naissance lors du 1er et du 2ème vêlage	154
Figure 36: Evolution de la note d'état corporel des vaches au cours de la 1ère lactation	156
Figure 37: Evolution de la note d'état corporel des vaches au cours de la 2ème lactation	156
Figure 38: Courbes de la première lactation des trois lots.....	161
Figure 39: Courbes de la deuxième lactation des trois lots	161
Figure 40: Production laitière annuelle des vaches et de leurs mères durant la première lactation selon trois rations alimentaires différentes.....	162
Figure 41: Production laitière annuelle des vaches et de leurs mères durant la deuxième lactation selon trois rations alimentaires différentes.....	163
Figure 42: Variation de la durée du tarissement dans les trois lots	164
Figure 43: Evolution du Taux Butyreux (TB) du lait de vache pour les trois lots au cours de la première lactation.....	167
Figure 44: Evolution du Taux Butyreux (TB) du lait de vache pour les trois lots au cours de la deuxième lactation.....	167
Figure 45: Rapport TB/TP du lait des trois lots au cours de la première et la deuxième lactation.....	170

Introduction

L'élevage laitier fait partie de l'agriculture depuis des milliers d'années, où les vaches sont élevées pour produire de la viande et de lait. Actuellement, on dénombre plus de 270 millions de vaches laitières à travers le monde, avec une production moyenne mondiale d'environ 2 600 kg/vache/an. Néanmoins, seuls 33 pays atteignent un rendement laitier moyen national supérieur à 6000 kg/vache/an (Brito et al., 2021).

En Algérie, la production moyenne annuelle par vache est de 3 200 kg, un chiffre jugé faible par rapport aux standards mondiaux (Bellil et Boukrif, 2021). Les variations de rendement entre les pays sont influencées par des différences notables dans les systèmes d'élevage, la qualité de l'alimentation, ainsi que les méthodes de gestion et de production adoptées. Cette situation se reflète également dans la production laitière nationale, qui, bien qu'en grande partie assurée par l'élevage bovin, demeure insuffisante pour couvrir la demande en lait et produits laitiers, ne répondant en moyenne qu'à 56 % des besoins habituels (Chemma, 2017). Ce déficit est accentué par le caractère aléatoire et saisonnier de la production en raison de la disponibilité irrégulière des fourrages. Pendant la saison hivernale, la production du lait diminue considérablement et dépend d'aliments concentrés (Abbas, 2014).

La consommation nationale de lait a atteint des niveaux élevés, estimée à 6 milliards de litres équivalent lait en 2015, soit une consommation moyenne de 150 litres de lait /hab/an. Ce qui dépasserait largement les normes recommandées par l'organisation mondiale de la santé (90 l/hab/an). Par ailleurs, le taux de consommation du lait varie mondialement entre 80 kg/hab/an et 220 kg/hab/an, ce qui est proche de la limite supérieure pour les Algériens (FAO, 2015).

L'Algérie est actuellement le deuxième plus grand importateur de poudre de lait au monde, après la Chine. C'est donc près de 18 000 tonnes de lait qui est ainsi importé sous forme de lait entier et de lait écrémé en poudre (Lazereg, 2020). Cet aliment joue un rôle nutritionnel fondamental dans la ration alimentaire des algériens en apportant la majorité des protéines d'origine animale (Senoussi, 2008). Cette importante consommation est favorisée par la politique de subvention à la consommation qui se caractérise par les faibles prix des produits laitiers sur le marché, combiné à une croissance démographique très important.

La pandémie de Covid-19 a rapidement évoluée d'une crise sanitaire à une crise économique mondiale majeure, démontrant que les pays doivent assurer leur sécurité alimentaire afin de faire face aux crises qui peuvent perturber les cours mondiaux des produits agricoles de base. En Algérie le secteur laitier est fortement dépendant des marchés mondiaux d'intrants (poudre de lait, matières grasses, aliments de bétail et génisses). Cette dépendance s'est aggravée avec l'arrivée de la pandémie de la COVID-19 et son avenir est incertain (Futiribles, 2020 ; FAO, 2020).

Depuis l'indépendance, les pouvoirs publics ont pris plusieurs mesures à travers le programme national de réhabilitation de la production laitière, visant à augmenter la production laitière en important des génisses à haut potentiel génétique et en augmentant le nombre d'exploitations. Cependant, ces programmes d'intensification de la production laitière n'ont pas donné les résultats escomptés. (Ghozlane et al., 2010)

Dans les hautes plaines semi-aride, l'élevage constitue le deuxième secteur agricole après les céréales (Boudjenouia et al., 2006). Ainsi, le secteur laitier de la région est caractérisé par une production importante, ce qui met la wilaya de Sétif en première position à l'échelle nationale durant la période de 2006 à 2015 (Kalli et al., 2018). Toutefois, malgré l'accroissement enregistré dans la production laitière, elle reste faible et instable par rapport au potentiel génétique des génisses importées qui se situe en moyenne autour de 3600 kg/vache/lactation en Algérie, contre 5 000 à 6 000 kilogrammes par lactation dans son pays d'origine (Abbas, 2014).

La faible productivité des exploitations laitières est due à une combinaison de plusieurs facteurs liés à une alimentation inadéquate et médiocre, une mauvaise gestion de l'élevage et une faible maîtrise technique. Ainsi, les caractéristiques climatiques de la région, telles que la fréquence des saisons sèches entraîne une raréfaction des ressources en eau, entrave le développement des cultures fourragères dans la région, ce qui constitue un obstacle au développement de l'élevage bovin et la production laitière (Sraïri et al., 2013 ; Houmani, 1999). De plus, le coût de la production élevé ne garantit pas des marges bénéficiaires confortables, voire inexistantes pour l'atelier lait, incite ainsi les producteurs à réorienter leurs ressources vers des types de productions plus lucratives.

Par conséquent, la maîtrise de la conduite alimentaire du bétail représente la contrainte majeure dans cette région avec des conséquences directes sur les

performances de production. Les systèmes alimentaires souffrent d'un déficit fourragères chronique, des rations déséquilibrées, d'une mauvaise qualité des aliments de base, qui sont généralement dominés par la paille de céréales et une utilisation exagérée d'aliments concentrés de qualité médiocre fabriqués de manière opaque ou préparés par les éleveurs à base de son de blé. (Abbas, 2014). Tous ces difficultés liées aux systèmes d'élevage notamment en matière de l'alimentation imposent des charges exacerbées à l'éleveur, vu que l'aliment représente 60-70% du coût de reviens d'un litre de lait (Kadi, 2007 ; Djermoun et al., 2018). Avec l'augmentation des coûts de l'alimentation animale, la recherche de l'autonomie alimentaire n'a jamais été aussi important pour tous les éleveurs de réduire les coûts de production et d'améliorer la quantité, la qualité et la traçabilité de leurs produits (Ghozlane et al., 2021). La recherche d'une grande performance laitière avec ces différentes contraintes fait l'objectif de notre problématique.

Ce constat impose la nécessité d'adopter un rationnement correct et précis, adapté aux besoins spécifiques de chaque animal. De plus, l'intégration de nouvelles sources de nutriments, comme les protéines d'algues, les additifs probiotiques, et les acides gras oméga-3, contribuent à renforcer la santé intestinale des vaches, augmentant ainsi la production de lait de manière durable (Delafosse et al., 2018). Par ailleurs, les techniques de rationnement automatiques, permet d'ajuster les apports en temps réel, assurant une production laitière plus stable.

Les modes de rationnement qui privilégient des ressources locales, sont également au cœur des nouvelles pratiques. Ces approches incluent l'utilisation de coproduits issus de l'agro-industrie qui permet de diversifier les sources de nutriments (Beckers, 2013). Ainsi, l'adoption des rations totales mélangées, intégrant une large gamme de matières premières, favorise une alimentation complète tout en optimisant les coûts et en améliorant la productivité laitière (Schmidt et al., 2017).

Afin d'étudier les voies d'amélioration des performances de production des élevages laitiers dans la région semi-aride sétifienne, il est primordial de caractériser les différents systèmes d'élevages existants et de réaliser un diagnostic sur les systèmes d'alimentation existants et de leur impact sur les performances laitières.

Dans ce contexte, cette étude vise à :

-Caractériser les systèmes d'élevage à travers une typologie des exploitations laitières.

-Diagnostiquer les stratégies alimentaires mises en place et évaluer le niveau d'autonomie alimentaire des exploitations.

-Évaluer l'impact de différents régimes alimentaires, en particulier les rations totales mélangées, sur les performances zootechniques, notamment la production laitière.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I :
FILIERE LAIT ET
POTENTIALITES
AGRICOLES ET
FOURRAGERES EN
ALGERIE

1. Situation et structure de la filière lait

1.1 Introduction

Le secteur laitier en Algérie a connu d'importantes mutations structurelles depuis l'indépendance. Les politiques laitières adoptées par les pouvoirs publics avant la fin des années 1980 « avaient comme objectifs une amélioration de la consommation du lait et la satisfaction des besoins de la population » (Bencherif, 2001). Elles suivaient plutôt « une logique de consommation plus que de production » (Amellal, 1995). Ceci a été possible grâce au contexte international caractérisé par les faibles prix des produits laitiers sur le marché international, du fait des excédents de production dans les pays producteurs d'une part, et d'une certaine aisance résultant de la rente pétrolière d'autre part. Depuis 2014, la baisse des prix des hydrocarbures a révélé la vulnérabilité de l'Algérie en termes de sécurité alimentaire (Omari, 2012) et l'échec des politiques mises en œuvre qui dépendent principalement des ressources en hydrocarbures. Aujourd'hui, de nombreux chercheurs affirment que ces politiques n'ont pas donné les résultats escomptés (Belhadia *et al.*, 2009 ; Zoubeidi et Gharbi, 2013 ; Belhadia *et al.*, 2014).

La protection exagérée de ce produit par l'État en subventionnant les prix à la consommation a encouragé une augmentation de la demande pour ce produit, qui n'a pas été suivie d'une expansion de la production. De ce fait, l'importation de lait et de produits laitiers est devenue le premier secours pour approvisionner le marché local, ce qui a entraîné une augmentation de la facture des importations alimentaires qui est passée à 8,44 milliards de dollars en 2017. Le lait représente la denrée alimentaire la plus importée après le blé avec 1,31 milliard de dollars (CNIS, 2020).

1.2 Production laitière en Algérie

En 2019, la production nationale a atteint environ 3,6 milliards de litres, plus de 75% de la production totale est assurée par le cheptel bovin ; le reste est constitué par le lait de brebis, le lait de chèvre et le lait de chamelle. La production laitière reste insuffisante par rapport à la demande de lait qui est estimée à près de 6 milliards de litres pour une population de plus de 40 millions d'habitants (ONIL, 2019). Ce déséquilibre est en grande partie dû aux traditions alimentaires, à la valeur nutritionnelle du lait et aux subventions gouvernementales, qui ont largement stimulé la consommation de lait et de produits laitiers.

1.3 Évolution de la production du lait cru

Entre 2005 et 2015, la production laitière a augmenté de 25 %, passant de 2,7 milliards à 3,6 milliards de litres (Figure 1). Cette progression de la production est le résultat direct de l'augmentation de la production bovine due à l'importation de génisses pleines à partir de 2004, ainsi que de l'amélioration progressive des techniques de production et des efforts déployés par l'Etat pour pallier au problème de l'insuffisance de la production laitière nationale. En 2018 La production totale a été estimée à 3,3 milliards de litres, soit une baisse significative de plus de 8 % entre 2015 et 2018. En 2019, la production de lait de vache était estimée à 2,5 milliards de litres (FAO, 2020). L'augmentation la plus importante de la productivité a été observée dans le cas des exploitations bovines BLM. Malgré l'amélioration enregistrée, la production nationale accuse encore un retard face au potentiel génétique des vaches laitières sélectionnées, dont la production laitière ne dépasse pas 3000 litres par vache et par an (Benyoucef, 2005).

1.4 Répartition régionale de la production laitière

Selon Kali *et al.*, (2011), trois zones de production sont distinguées selon les conditions agro-écologiques et la disponibilité des ressources fourragères.

La zone littorale et sublittoral à climat humide et subhumide Elle contient 60 % des effectifs de vaches laitières couvre 63 % de la production laitière. Cette zone comprend près de 61% des superficies fourragères.

La zone agropastorale et pastorale à climat semi-aride et aride. Cette zone classée deuxième et renferme 26 % du cheptel laitier et 26% de la production du lait cru, elle englobe environ 31,8% des surfaces fourragères totales.

La zone saharienne à climat désertique représente 14% de l'effectif de bovin laitier, et 11% de la production laitière totale. Elle se distingue par un taux de collecte très faible et un apport fourrager ne dépassant pas les 7,3% de l'ensemble des superficies.

1.5 La collecte

La collecte de lait cru constitue le principal lien entre la production et l'industrie laitière. En 2018, on note que malgré l'évolution de la production de lait cru le taux de collecte demeure très faible, représentant 31,82% de la production nationale totale.

(MADR, 2019). Cette situation est principalement due à la dispersion des unités de production dans les campagnes, ainsi qu'à leur éloignement des centres de collecte et des laiteries et à leur faible productivité, ce qui a conduit à l'émergence du circuit informel de commercialisation, la difficulté d'intégrer le lait local dans l'industrie et la forte dépendance de l'Algérie vis-à-vis du marché international du lait en poudre (Abdelli *et al.*, 2021).

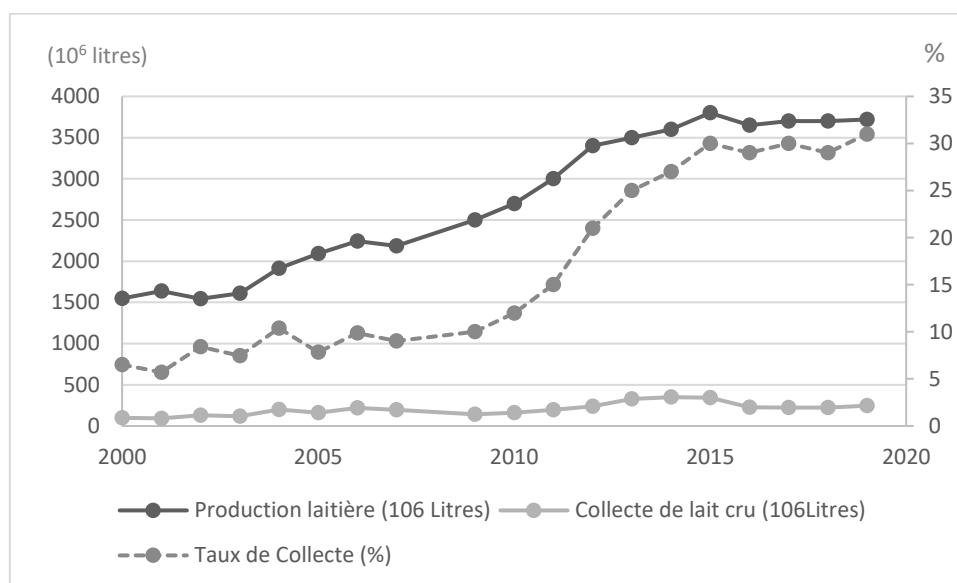


Figure 1: Évolution de la production, de la collecte et du taux de collecte de lait en Algérie (MADR, 2019)

Selon Makhoulouf *et al* (2015), les rôles de chaque participant à la collecte sont les suivants :

- Le groupe Giplait (secteur public) : génère une production de 1,1 milliard de litres, représentant ainsi 33,6 % des parts de marché

- le secteur privé : produit un total de 2,17 milliards de litres, assurant ainsi plus de 66 % des parts du marché national.

Pour la période 2009-2011, nous constatons une augmentation du taux de collecte de 13% à 18% (Brabez, 2012). Cette évolution est le fruit de programmes initiés par les pouvoirs publics à travers l'octroi de la prime de collecte destinée aux producteurs (14 DA/L), collecteurs (5 DA/L) et transformateurs (2 à 6 DA/L) (Mamine *et al.*, 2021) qui s'est traduite par la mise en place de centres privés de collecte et de transformation à proximité des zones à fort potentiel de production laitière. Ainsi le nombre de laiteries et de collecteurs conventionnés avec l'ONIL sur l'ensemble du

territoire national a augmenté respectivement de 5% et 12% entre 2017 et 2018. (ONIL, 2019). Cependant, ce niveau de collecte de lait reste insuffisant par rapport au potentiel laitier local.

1.6 Les importations

1.6.1 Poudre de lait (PDL)

En 2018, le secteur des produits laitiers représentait 15,4 % de l'ensemble des importations alimentaires totales du pays, avec plus de 443 000 tonnes de lait en poudre importées (Zalani *et al.*, 2021). L'Etat achète du lait en poudre aux prix du marché mondial et le revend à un prix subventionné aux industriels avec lesquels il est conventionné. Le prix détaillé du litre de Lait pasteurisé en sachet (LPS) est fixé à 25 dinars (DA). Une augmentation significative des importations de lait en poudre a été observée à partir de 2015 afin de profiter de niveaux de prix attractifs suite à la baisse des prix en Marché mondial. Entre 2012 et 2018, le taux de croissance a été d'environ 41 %.

Selon l'indice des prix des produits laitiers de la FAO, les prix en 2020 ont baissé de 7,3% au mois d'avril (Lazereg *et al.*, 2020). Il est à noter que le coût de production du lait en Algérie est parmi les plus élevés au monde avec une moyenne de 50,78 Da/litre (Bellil et Boukrif, 2015).

1.6.2 Matière grasse laitière anhydre (MGLA)

Les importations de MGLA étaient de l'ordre de 6 941 tonnes en 2018. Ce montant est fortement influencé par les prix excessivement élevés de cette matière première sur le marché international (6 720 USD la tonne) par rapport aux années précédentes. Il s'agit d'une augmentation de 17 % par rapport à l'année précédente (ONIL, 2019).

1.6.3 Génisses pleines à haut potentiel génétique

La croissance de la production locale observée au cours des dernières décennies n'est pas due à une augmentation des performances laitières des vaches, mais plutôt à une augmentation de l'effectif bovin laitier grâce aux importations (Bellil et Boukrif, 2021). Entre 1985 et 2000, un total de 165 000 vaches a été importé, suivi par près de 93 459 têtes durant la période 2009-2012. Ainsi, le nombre total de vaches laitières importées entre 1964 et 2012 s'élève à 378 459 (Sahali, 2023).

2. Potentiel agricole de l'Algérie

En Algérie, la superficie agricole utile (SAU) couvre en moyenne 8,56 millions d'hectares, représentant 19.5 % de la surface agricole totale. Cela constitue une proportion très faible face à une croissance démographique importante. Dans la région de Sétif, les fourrages cultivés occupent 5,03 % de la surface agricole (DSA, 2022). Les contraintes liées au climat et aux ressources en eau ainsi que la disponibilité de terres agricoles exploitables constituent les principaux facteurs qui déterminent les activités agricoles dans les différentes zones agro-écologiques (Semara, 2021).

2.1 Les caractéristiques bioclimatiques de l'Algérie

L'Algérie se caractérise par la présence de plusieurs types de climats dans lesquels l'influence de la Méditerranée diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la mer. Les caractéristiques agro-climatiques sont défavorables à l'agriculture pluviale avec un risque de gel élevé (Bessaoud *et al.*, 2019). Ainsi, le bioclimat de l'Algérie permet de distinguer les étages suivants :

- Un climat méditerranéen le long de la côte et l'Atlas tellien, avec des hivers doux où les gelées sont rares, et des étés chauds. La partie orientale reçoit plus de précipitations que l'ouest, avec une pluviométrie atteignant 2000 mm par an.

- Un climat semi-aride supérieur et semi-aride inférieur se caractérise par la présence de la région la plus favorable à la production agricole, qui correspond aux hautes plaines céréalières et composent la région semi-aride supérieure, situées à plus de 600 m d'altitude et recevant une pluviométrie de plus de 400 mm. Ces plaines fournissent plus de 60% des ressources fourragères du pays. Les plateaux steppiques, se situent dans la région semi-aride inférieur et se distinguent par la fragilité de leur milieu physique et par la condition climatique et édaphique défavorables. Cette zone, qui couvre 36 millions d'hectares, est également caractérisée par une surpopulation animale, une dégradation assez avancée des parcours, une désertification accrue et l'érosion de la biodiversité « ressources génétiques animales en Algérie » (AnGR, 2003). L'espèce ovine est la plus répandue dans la région steppique, représentant 80 pour cent de l'effectif total.

- Un climat aride au sud de l'atlas tellien, de nature plus sèche caractérisé par une grande amplitude thermique en hiver, et il pleut plus abondamment à l'ouest qu'à l'est. L'effet du désert se fait sentir même sur la côte en raison des vents secs et chauds.

-Un climat désertique marqué par des précipitations rares et irrégulières. Les températures diurnes atteignent et dépassent même les 50°C. L'agriculture est limitée aux oasis, qui sont les principaux lieux où les gens se livrent à des activités agricoles. L'essentiel des productions a un caractère vivrier en combinaison avec le palmier dattier (Bessaoud, 2002).

2.2 Situation des productions fourragères

L'Algérie est un pays à vocation pastorale et fourragère avec une large gamme d'espèces végétales (Abdelguerfi *et al.*, 2008). Les terres dédiées à la production de fourragère comprennent 33 millions d'hectares, qui se répartissent en prairies naturelles (0,1 %), cultures fourragère (1,6 %), jachère (10,6 %) et les pacages et parcours (87,7 %) (Figure 2). Cependant l'offre fourragère reste insuffisante tant qualitativement que quantitativement pour les ruminants, les surfaces destinées au pâturage ont continuellement diminué au cours de ces dernières années ((Nedjraoui, 2003 ; Nedjimi, 2010). Ceci est le résultat du changement climatique, qui devient de plus en plus préjudiciable à la croissance et au développement des plantes, en particulier dans les zones semi-arides et arides (Belkhodja ; Bidai, 2004). En général, les fourrages sont considérés comme une composante nécessaire de tout développement de la production animale et leur manque constitue un facteur limitant. De ce fait, l'irrégularité et la rareté des ressources alimentaires constituent un problème majeur pour l'élevage des ruminants dans ces zones et cela se manifeste par la baisse de la production animale et surtout de la production laitière.

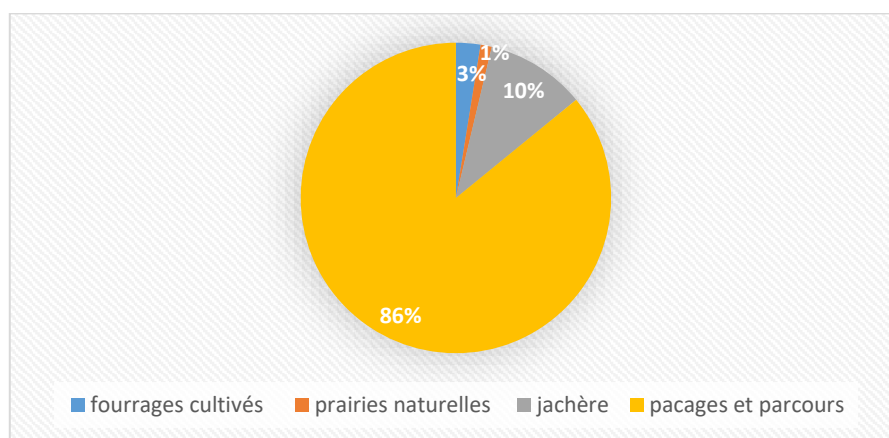


Figure 2: Répartition de la superficie fourragère en Algérie (MADR, 2007)

2.2.1 Les fourrages cultivés

La diversité des cultures fourragères et des méthodes de conservation reste assez limitée (Tableau 1). Actuellement, la seule approche de conservation est le fanage au sol qui est souvent non maîtrisées en raison de la mauvaise organisation du chantier de fanage et des pratiques culturales qui se traduisent par un foin de mauvaise qualité. Les exploitations qui pratiquent l'ensilage sont très rares. La plupart des espèces de plantes fourragères font partie de la famille des graminées et des légumineuses.

Les graminées fourragères telles que l'orge, l'avoine et parfois le triticale sont des ressources très importantes utilisées vertes (pâturage et/ou fauche) ou conservées de telle sorte qu'elles sont le plus souvent utilisées en fourrages grossiers. (Foin, rarement ensilage). L'association des graminées avec des légumineuses (vesce, pois, gesse) constitue les principales cultures fourragères.

Les légumineuses sont également une importante ressource fourragère. Pour le cheptel bovin laitier le bersim est souvent la seule ressource fourragère verte en hiver et au printemps. En raison de sa résistance à la sécheresse, le sorgho est la culture d'été la plus cultivée. La luzerne pérenne joue également un rôle important, notamment dans l'oasis (Abdelguerfi et Laouar, 1999).

Les fourrages cultivés consommés verts fournissent 43 millions d'UFL et concernent l'orge verte, le bersim et la luzerne. Les fourrages cultivés consommés en sec donnent 577 millions d'Unités Fourragères Lait (Houmani, 1999). Ils représentent 92% des apports énergétiques des fourrages cultivés et comprennent la vesce avoine fourragère et le pois avoine qui sont souvent récoltés à des stades tardifs et fanés trop longtemps au soleil (Senoussi *et al.*, 2010).

Tableau 1: Superficies et production des fourrages cultivés en Algérie (MADR, 2019)

Fourrages artificiels (ha)		Périodes	
		2018	2019
Vesce Avoine	Production (qx)	2 378 720	2 602 895
	Superficie (ha)	58 794	53 628
Luzerne	Production (qx)	1 763 874	2 158 847
	Superficie (ha)	9 305	8 879

Fourrages divers	Production (qx)	12 353 481	11 084 935
	Superficie (ha)	251 431	242 529
Total fourrages	Production (qx)	48 792 647	52 608 912
	Superficie (ha)	878 012	959 841

2.2.2 Les sous-produits agro-industriels et agricoles

Il est essentiel de noter que les sous-produits jouent un rôle important dans l'alimentation du bétail, en particulier pendant les saisons sèches. Les sous-produits agro-industriels les plus importants sont le son, les marcs de raisins, les déchets de tomate industrielle, les grignons d'olive représente les sous-produits agro-industriels les plus importants, Le manque de cultures industrielles limite considérablement la disponibilité de certains sous-produits comme la mélasse, les tourteaux et autres (Abdelguerfi et Laouar 2008).

Les sous-produits agricoles les plus utilisés sont La paille et le chaume de céréales, qui constituent une part importante l'alimentation du bétail. A cause des chaumes et des épis de céréales tombés au sol dans les zones de culture céréalière, les animaux reprennent du poids et constituent des réserves de pâturage pour la saison difficile.

2.2.3 Les fourrages naturels

La superficie consacrée à la production de fourrage naturel est constituée de prairies naturelles (20%) d'environ 35 000 hectares et de jachères (80%) de plus de 130 000 hectares (Hamadache, 2001).

2.2.3.1 Les prairies naturelles

Les prairies naturelles se trouvent principalement dans les zones bioclimatiques humides et subhumides. En raison des fortes précipitations, le nord-est de l'Algérie possède d'importantes surfaces à vocation prairial, représentant 38 à 53 % de la superficie fourragères (Belair et al., 1988), Les rendements sont de l'ordre de 8,4 qx/ha et l'apport fourrager de 1443 millions d'UFL (Benharkat, 1978). Les prairies, de bas-fonds et des bords d'oued, ont été défrichées et utilisées par la céréaliculture, l'arboriculture ainsi que les cultures maraîchères, certaines prairies ont été loties pour la construction de logements. Cependant la superficie des prairies Naturelles a subi une

régression rapide et continue depuis l'indépendance à nos jours, et elles n'ont fait l'objet d'aucune attention technique particulière en raison de leur manque d'intégration dans les différentes politiques agricoles (Abdelguerfi et Hakimi, 1990 ; Abbas et Abdelguerfi, 2005).

2.2.3.2 Les jachères

La jachère est l'une des principaux pâturages en Algérie, elle fournissait 9,3% de l'offre fourragère totale et générant 1 444 millions d'UF (Houmani, 1999). Cela démontre leur importance en tant que fourragère et ressource alimentaire malgré leurs faibles productions, estimé à 360 UF/ha (Zeghida, 1987 ; Abbas et Abdelguerfi, 2005). Depuis plus de 30 ans, la part de la jachère au sein de la SAU n'as pas changé et reste très importante, représentant environ 40 % des SAU en zone céréalière algérienne (Bedrani *et al.*, 2001 ; Abbas, 2004).

La part de la jachère fauchée a un rendement de 4,8 qx/ha et un apport fourrager de 73 millions d'UFL (Nedjraoui, 2003) tandis que la part de la jachère pâturée augmente et représente 9 % de l'apport fourragère totale (Abbas et Abdelguerfi, 2005). Dans la région semi-aride caractérisée par des précipitations limitées et des sols fragiles, la jachère fait partie intégrante des systèmes de production céréalière et ovine et reste une source gratuite et sécurisée de fourrage pour le bétail (Figure 3). En effet, la jachère permet de pâturer les chaumes d'été ainsi que les adventices d'automne jusqu'au printemps.

2.2.3.3 Les parcours

Les zones steppiques sont les plus étendues et se situent en bordure du grand désert du Sahara, entre les isohyètes de 100 et 400 mm de précipitations irrégulières. Les zones de parcours montagneuses et forestières se trouvent au Nord et sont beaucoup plus petits et plus humides. Les ressources fourragères fournies par Les parcours sont en voie de régression en raison de divers facteurs, dont le plus important est la mise en culture qui accroît la surcharge du reste des parcours et augmente les risques de désertisation. (Daoudi *et al.*, 2013) Le surpâturage constitue aussi un facteur déterminant sur la productivité et la durabilité des parcours. En effet, la surcharge en animaux pendant des périodes prolongées entraîne la dégradation des parcours. (Abdelguerfi, 1989 ; Abdelguerfi et Laouar, 1997 ; Tibaoui et Zouaghi, 1991).

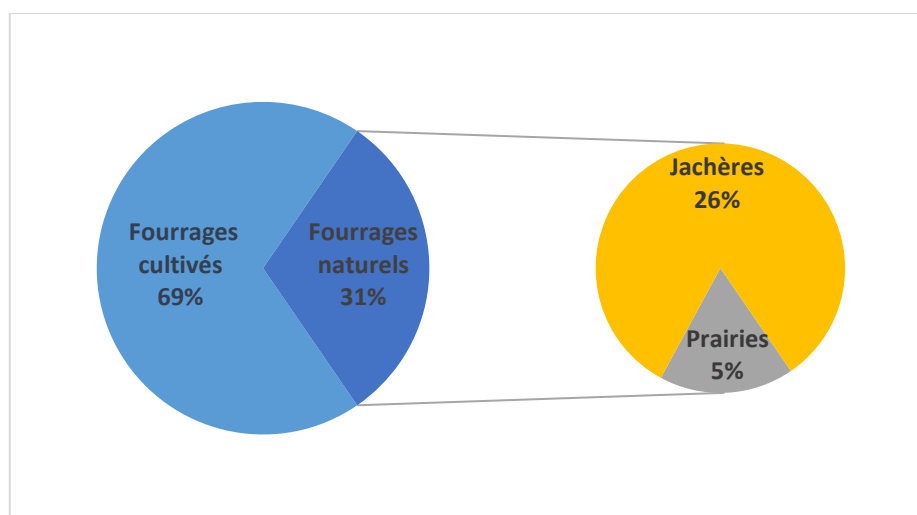


Figure 3: Distribution de la production fourragère en Algérie (MADR, 2009)

3. Contraintes de la filière lait en Algérie

La politique de l'élevage laitier en Algérie repose sur une connaissance systématique des systèmes d'élevage, en identifiant les maillons faibles de sa structure technico-économique. Le secteur du lait est actuellement dans une phase critique, avec une production locale insuffisante, aggravée par un très faible taux de collecte et augmentation des prix des intrants d'élevage dans les marchés. (Cherfaoui *et al.*, 2003 ; Djermoun 2011 ; Brabez, 2012 ; Yerou *et al.*, 2019). Les systèmes d'élevage laitier restent un type de spéculation difficile à gérer compte tenu de la diversité des paramètres qui y sont liés. Le développement de l'élevage bovin en Algérie est influencé par des contraintes multifactorielles classées selon leurs origines en contraintes exogènes liées à des facteurs territoriaux, démographiques et organisationnels, ainsi qu'en contraintes endogènes liées au fonctionnement des exploitations laitières. (Djermoun et Benziouche, 2017)

3.1 Contraintes exogènes

Les facteurs exogènes ayant un impact direct sur les performances et la nature de production laitière. D'après Mouhouche (2010), l'Algérie est classée parmi les 13 pays africains qui souffrent le plus du manque d'eau. Ainsi, le potentiel agricole de l'Algérie est devenu moins favorable en raison de la rareté, de l'irrégularité et de la répartition inégale des précipitations à travers le pays.

Le climat constitue une contrainte majeure et un facteur limitant de La production fourragère qui ne reçoit que 6% de l'irrigation et ne satisfait que 50% des

besoins annuels estimés à environ 10,5 milliards d'UF. (Chehat et Bir, 2008). Selon Kali et al. (2011), les milieux naturels (steppe, parcours, maquis) et cultivés (jachères, prairies) assurent l'essentiel de l'alimentation du cheptel, notamment en hiver et au printemps. Les aliments concentrés couvrent plus des deux tiers des besoins en protéines du cheptel (Soukehal, 2013). Outre les faibles précipitations, la surface agricole utile (SAU) est extrêmement limitée, en raison de divers phénomènes de dégradation des sols. Comme l'accroissement du taux d'urbanisation, qui se traduit par une augmentation de la demande sociétale en produits laitiers malgré la diminution de l'offre locale.

Par ailleurs, l'industrie nationale de l'alimentation animale ne fonctionne qu'avec des matières premières importées, et la grande majorité de la production de cette industrie est destinée à l'industrie avicole, avec seulement 5% allant aux filières ovine et bovine. Enfin, il convient de noter que cette industrie ne couvre qu'environ 20 % des besoins nationaux, qui s'élèvent désormais à plus de 8 millions de tonnes par an (Makhlouf *et al.*, 2015).

Les politiques mises en place par l'Etat ont contribué au faible niveau d'organisation de la filière lait. En effet, la fixation du prix du lait à un niveau bas, ainsi que le lent développement du segment de la collecte et l'encouragement apporté par les subventions à l'importation de poudre de lait, sont autant de facteurs qui limitent la croissance de cette industrie.

3.2 Contraintes endogènes

Les facteurs endogènes sont ceux qui découlent du fonctionnement et la gestion de l'exploitation (prix de production et de consommation, stratégie des éleveurs) (Djermoun et Benziouche, 2017).

Selon la tradition, les éleveurs locaux ont tendance à élever d'avantage de petits ruminants que des bovins. Ainsi, 78% des animaux sont constitués par le cheptel ovine, 14% sont des caprins, tandis que les bovins ne représentent que 6% des effectifs (Madani, 2002). A l'exception des plaines, l'élevage ne peut être qu'extensif et aléatoire, se traduisant par un petit nombre de bovins, ovins, caprins et camélidés.

La structure génétique de cheptel bovins en Algérie se caractérise par la prédominance de la race locale et ses croisements avec les races européennes qui assure

60% de la production nationale et se distinguent par un faible rendement laitier. (Bencherif, 2001). Depuis l'indépendance, les pouvoirs publics ont adopté une politique de production de lait frais, qui repose principalement sur l'importation de vaches à haut potentiel génétique en provenance d'Europe principalement. Ce type de bovin se trouve dans les zones à fort potentiel d'irrigation autour des zones urbaines, et il est réparti sur une diversité de systèmes d'élevage, le système intensif étant le plus ciblé en fonction des objectifs. Cependant, du fait du changement climatique et des contraintes qu'il impose, le potentiel génétique de ces animaux ne s'exprime pas entièrement, et les stratégies de production évoluent pour conserver la flexibilité nécessaire à l'exploitation agricole de se maintenir (Bourbouze *et al.*, 1989 ; Flamant, 1991).

En effet, Les performances zootechniques restent en dessous des attentes car peu de d'études ont été menées pour analyser les contraintes limitant la productivité des troupeaux et évaluer l'adaptabilité de l'animal à produire, se reproduire et se maintenir dans des conditions d'élevage locales (Madani et Mouffok, 2008)

Ainsi, La petite taille des exploitations laitières est dominante et constitue le principal frein à la modernisation de l'élevage bovin, plus de 95 % des exploitations laitières sont familiales et traditionnelles, avec moins de cinq vaches laitières, tandis que celles de plus de 50 vaches laitières ne représentent que 0,3 % du total. Plus de 95 % des exploitations laitières sont familiales et traditionnelles, avec moins de cinq vaches laitières, tandis que celles de plus de 50 vaches laitières ne représentent que 0,3 % du total. (Chehat et Bir, 2008).

CHAPITRE II :

ALIMENTATION DE LA

VACHE LAITIERE

1. Physiologie digestive des ruminants

1.1 Introduction

Les ruminants sont capables de digérer des aliments riches en cellulose, tels que les herbes et les feuilles, qui sont indigestes pour les animaux monogastriques. Les ruminants peuvent également utiliser des aliments de qualité inférieure, tels que les résidus de cultures et les pâturages, qui seraient inutilisables pour d'autres animaux d'élevage. Cependant, le système d'alimentation des ruminants nécessite une attention particulière pour s'assurer que les animaux reçoivent une alimentation équilibrée et suffisante pour leur croissance et leur production (Erickson et Kalscheur, 2020).

Le système digestif des bovins se caractérise par la présence de trois réservoirs pré gastriques : le rumen, Le réseau et le feuillet, ainsi que la caillette, qui est le véritable estomac et assure la sécrétion des sucs gastriques. Cette configuration particulière permet au ruminant d'effectuer une prédigestion bactérienne des aliments en décomposant la plupart des composants de la ration via des procédés d'hydrolyse et de fermentation et permettant une utilisation plus efficace des constituants lignocellulosiques des parois végétales. Cependant, les aliments ingérés par l'animal ne sont jamais complètement digérés et absorbés dont une partie finit dans les excréments (Dusart, 2014). Le contenu du rumen est divisé en 3 parties : la partie abdominale, où l'on retrouve la phase liquide issue de l'abreuvement, la salivation, et l'eau contenue dans les aliments ; La partie intermédiaire correspond à la matière sèche ingérée qui se concentre en une masse fibreuse et forme la phase solide ; Et la partie dorsale où se situe la phase gazeuse qui a pour origine les activités microbiennes et l'entrée d'air lors de la déglutition (Jouany et Senaud, 1979).

Les microbiotes digestifs sont principalement constitués de bactéries et de protozoaires, mais aussi d'archées et de champignons ; Il synthétise les acides aminés essentiels et les vitamines et fournit 70% des besoins énergétiques quotidiens de son hôte (Bergman, 1990). Un bon fonctionnement de la flore ruminale nécessite des conditions physicochimiques particulières : une température entre 39°C et 41°C, une anaérobiose stricte, un potentiel d'oxydo-réduction varie de – 150 mV à – 260 mV (Marden *et al.*, 2005). Un pH compris entre 5,5 et 7, résultant de l'équilibre entre les fermentations microbiennes et les substances tampons apportées par la salive (bicarbonates et phosphates) (Cuvelier et Dufrasne, 2005). Néanmoins, ces paramètres

physicochimiques sont principalement influencés par des facteurs environnementaux, dont l'alimentation, qui constitue le facteur le plus important de variation des populations microbiennes du tube digestif (Zened *et al.*, 2021).

En générale, la réponse de la communauté microbienne varie en fonction de la nature des fourrages et des concentrés. Par exemple, avec des régimes riches en amidon, on observe une augmentation des populations amylolytiques (qui préfèrent un pH inférieur à 6) avec une diminution de l'activité des populations cellulolytiques (poussent bien à un pH supérieur à 6,5) et une baisse de la diversité des bactéries, associée à une réduction marquée des populations de protozoaires et de champignons (Ishaq *et al.*, 2017). Ce qui entraîne le phénomène d'acidose ruminale et affecte l'utilisation des nutriments de la ration (Martin *et al.*, 2002).

Il existe une relation étroite entre les performances animales et la flore ruminale qui influence plusieurs composantes de la qualité organoleptique, sanitaire et nutritionnelle du lait et de la viande (Zened, 2011). De plus, le profil en acides gras du lait est fortement dépendant du phénomène de biohydrogénation effectué par les microbiotes digestifs (Enjalbert *et al.*, 2017).

1.2 Digestion des aliments par les microorganismes ruminiaux

1.2.1 Digestion des glucides

Selon leur distribution au sein de la cellule, les glucides peuvent être classés en glucides cytoplasmiques qui peuvent être décomposés par les enzymes du tube digestif, et en glucides pariétaux qui peuvent être dégradés par les enzymes de la flore ruminale mais non hydrolysables par les enzymes glycolytiques de tube digestif (Dusart, 2014). La fermentation des glucides conduisant à la formation d'un mélange d'acides gras volatils (AGV) : acide acétique (C2), acide propionique (C3) et acide butyrique (C4), dont les proportions varient selon le régime alimentaire de l'hôte. Avec des rations équilibrées, le C2 représente entre 60 et 65 % des AGV, le C3 près de 20% et le C4 de 10 à 15 % (Grenet et Besle, 1991).

En revanche, un aliment riche en cellulose entraîne une production Prédominante d'acide acétique (C2) car les bactéries fibrolytiques préfèrent emprunter la voie C2, tandis qu'une ration riche en amidon (qui contient une quantité importante de céréales) conduit à une augmentation de la proportion de C3 au détriment de C2. De

plus, l'augmentation de la proportion de l'acide butyrique est favorisée par un régime alimentaire riche en glucides solubles, tels que les betteraves ou le lactosérum (Jouany, 1995).

Le pH du rumen peut changer sans qu'il y ait de troubles, cependant l'AGV produit fera chuter le pH dans les premières heures suivant le repas. Les AGV sont alors absorbés par la muqueuse du rumen et constituent la principale source d'énergie pour l'animal, fournissant 60 à 80 % de l'énergie totale dont il a besoin (Russel et Gahr, 2000),

Par ailleurs la rumination provoque l'arrivée de la salive (un bovin adulte sécrète chaque jour environ 100 litres de salive ayant un PH de 8 à 8.5) ce qui fait remonter le pH du rumen. Par conséquent, la sélection des microorganismes du rumen et le sens des fermentations sont largement influencés par le pH (Brugère, 1983).

Contrairement à l'amidon, les fibres se dégradent plus lentement. La quantité d'AGV produite dans le rumen est déterminée par la vitesse à laquelle le substrat se dégrade. La production d'AGV augmente lorsque la dégradation du substrat progresse plus rapidement (Blain, 2002).

1.2.2 Digestion des lipides

Le régime alimentaire des ruminants comprend environ 3 % de matières grasses dans la matière sèche (MS). La nature des lipides présents est influencée par les différents composants de la ration. En général, les triglycérides sont apportés par les aliments concentrés, tandis que les glycolipides et les phospholipides sont apportés par les fourrages verts.

Les lipides présents dans les céréales, les protéagineux, des oléagineux et de leurs dérivés (tourteaux) sont majoritairement constitués de triglycérides riches en acides gras insaturés (Sauvant *et al.*, 2002). L'hydrolyse des lipides alimentaires par la flore lipolytique ruminale permet la production d'acides gras libres et de glycérol. Qui sont rapidement convertis en AGV, principalement sous forme de propionate et de butyrate (Tamminga et Doreau, 1991).

Selon leur origine, les lipides peuvent être divisés en deux catégories : ceux issus de l'hydrolyse alimentaires ainsi que ceux synthétisés par les microorganismes du rumen. (Cuvelier *et al.*, 2005). En plus de leur capacité à dégrader

les lipides alimentaires, les micro-organismes produisent également des lipides au sein de leur organisme (Cuvelier et Dufrasne, 2005). Lorsqu'ils sortent du rumen et pénètrent dans la caillette, ces micro-organismes sont détruits par le suc digestif, libérant de lipides microbiens qui représentent 10 à 15 % des lipides totaux du rumen. Cela, détermine la composition des lipides disponibles pour l'animal hôte au niveau intestinal, où il est soumis à la digestion par les enzymes pancréatiques puis à l'absorption (Sauvant et Bas, 2001).

Le régime alimentaire influence la composition des AG du rumen et, par conséquent, les produits d'origine animale. La teneur en acides gras bactériens varie selon le rapport fourrages/concentrés, le type de fourrage et la composition du régime alimentaire. De ce fait, lorsque le rapport fourrages/concentrés augmente, les concentrations en lipides totaux ont tendance à diminuer. En revanche, les concentrations étaient plus faibles avec le fourrage riche en fibres (Bas *et al.*, 2003).

L'augmentation de la quantité d'AG dans le rumen entraîne une diminution de l'efficacité de la lipolyse. En revanche, lorsque les acides gras alimentaires se raréfient, la fraction d'acides gras produits par les bactéries augmente (Bauchart *et al.*, 1990).

1.2.3 Digestion des protéines

Dans le rumen, les protéines alimentaires ingérées par l'animale subissent une dégradation microbienne importante, permettant aux ruminants d'utiliser l'azote non protéique et entraînant la production des acides aminés et l'ammoniac. Ces produits sont ensuite utilisés par les microorganismes pour synthétiser leurs propres protéines. Les microorganismes préfèrent utiliser l'ammoniaque plutôt que les acides aminés libres comme source d'azote (Jouany *et al.*, 1995). Cette synthèse nécessite une quantité suffisante d'énergie provenant du processus de fermentation des glucides. L'éventuel surplus d'ammoniac est absorbé par la paroi du rumen et incorporé dans l'urée du foie (Van Straalen et Tamminga, 1990). L'urée est partiellement recyclée dans la salive et fournit aux micro-organismes l'azote nécessaire à leur fonctionnement.

Une proportion variable de protéines échappe à la dégradation ruminale, constitué principalement de protéines insolubles, et est ensuite libéré dans le tractus inférieur pour subir la digestion intestinale, constituant l'apport protéique du ruminant (Dusart, 2014).

Étant donné que les acides aminés contribuent à la synthèse du glucose, lorsqu'il y a un déficit énergétique, la conversion des acides aminés en glucose augmente considérablement conduit à une diminution du taux protéique du lait (Demigné *et al.*, 1988). La protéosynthèse microbienne nécessite l'utilisation d'acides aminés soufrés qui sont rares dans les fourrages. Les protéines bactériennes constituent la majeure partie des protéines duodénales et peuvent atteindre 35 à 66 % chez les vaches laitières (Rulquin *et al.*, 2001).

La composition en acides aminés (AA) du contenu intestinal varie en fonction de la composition de la ration en AA et de sa richesse en protéines peu dégradables. En outre, il a été constaté qu'un apport insuffisant de certains acides aminés limite la production de protéines du lait chez les vaches laitières ainsi que la croissance chez les jeunes bovins, caprins et ovins (Schwab, 1995). Ces acides aminés limitant comprennent la lysine, la méthionine, l'histidine et la leucine (Klemesrud *et al.*, 1997).

2. Alimentation de la vache laitière

Les aliments représentent le poste de dépenses le plus important dans les exploitations laitières intensives et plus des deux tiers des aliments d'un troupeau laitier sont utilisés pour les vaches en lactation (Thomassen et Deboer, 2005 ; Kristensen *et al.*, 2015). L'efficacité laitière dépend fortement du niveau d'alimentation, de l'équilibre nutritionnel des régimes (Zhu *et al.*, 2013).

L'optimisation de la nutrition animale est l'une des méthodes les plus réalisables pour améliorer la durabilité des systèmes de production de ruminants (White, 2016). Ainsi, la glande mammaire a besoin d'un apport régulier et suffisant en nutriments essentiels pour soutenir la production laitière. Ces nutriments comprennent l'eau, les acides aminés, les glucides, les lipides, les minéraux et les vitamines (Erickson et Kalscheur, 2020).

2.1 Système d'unités d'alimentation

Les unités d'alimentation ont été conçues pour garantir que les animaux élevés reçoivent suffisamment de nutriments pour atteindre leur plein potentiel. Il est nécessaire d'exprimer les besoins des animaux et les valeurs nutritives des aliments en utilisant les mêmes unités. Pour ce faire, des méthodes de calcul et de prédiction ont été développées qui prennent en compte les différentes étapes de la transformation des

aliments en tissus ou en produits de sécrétion, ainsi que leurs rendements de transformation. Ces concepts et ces méthodes de calcul forment des systèmes pour prédire la valeur énergétique, la valeur azotée et la capacité d'ingestion des aliments (NRC, 2001).

Il existe différents systèmes d'unités d'alimentation pour ruminants dans le monde, mais certains des plus couramment utilisés sont :

Le système NRC (National Research Council) établi aux USA, il est utilisé pour évaluer les besoins en nutriments des animaux d'élevage (Lange, 2013) ; Le système NORFOR utilisé dans les pays nordiques (Volden, 2011) ; Le système DVE/OEB établi aux pays bas, Belgique et Allemagne (Van Duinkerken *et al.*, 2011) et le système INRA établi en France et en Italie (INRA, 2018).

Il est important de noter que ces systèmes peuvent varier d'un pays à l'autre et d'une région à l'autre. Ils sont conçus pour des besoins spécifiques en fonction des conditions locales et des caractéristiques des animaux élevés et il est donc important de s'assurer d'utiliser le système approprié à la région d'élevage (Sauvant et Nozière, 2013). En Algérie, pour le secteur des productions laitières, on utilise le système de rationnement Français INRA, qui se base sur des calculs de besoins énergétiques et de nutriments pour élaborer des rations adaptées aux besoins des vaches. Cela permet d'optimiser la production laitière tout en réduisant les coûts de nourriture et en améliorant la santé des animaux (Vermorel et Coulon, 1992).

2.2 Principes de rationnement

Le rationnement est l'une des étapes clés pour atteindre les performances optimales d'un élevage. Il consiste à combiner les différentes ressources alimentaires disponibles et à équilibrer les apports de fourrages et de concentrés afin de répondre aux besoins nutritionnels des animaux et d'assurer un fonctionnement optimal du rumen sans présenter de risques sanitaires ou environnementaux. Les ajustements d'apports alimentaires sont effectués de la manière la plus rentable possible.

Les besoins physiologiques des animaux comprennent les besoins non productifs (tels que l'entretien) et les besoins de production (gestation, lactation, croissance, travail) exprimés en termes d'énergie, de protéines, de minéraux, de vitamines et d'eau (Figure 4). Les apports nutritifs peuvent varier en fonction du

potentiel de l'animal. Si les apports énergétiques sont inférieurs aux besoins, l'animal va compenser en partie en utilisant ses réserves corporelles et adapter sa production pour limiter le déficit énergétique. À l'inverse, l'énergie ingérée en excès sera principalement utilisée pour la constitution de réserves corporelles (INRA, 2018). Les deux premières étapes du rationnement consistent à évaluer les besoins nutritifs et la capacité d'ingestion des animaux en lien avec leurs caractéristiques, et à déterminer la valeur alimentaire de l'ensemble des aliments disponibles. Cela permet de concevoir une ration alimentaire équilibrée et adaptée aux besoins spécifiques de chaque animal (Delagarde *et al.*, 2006).

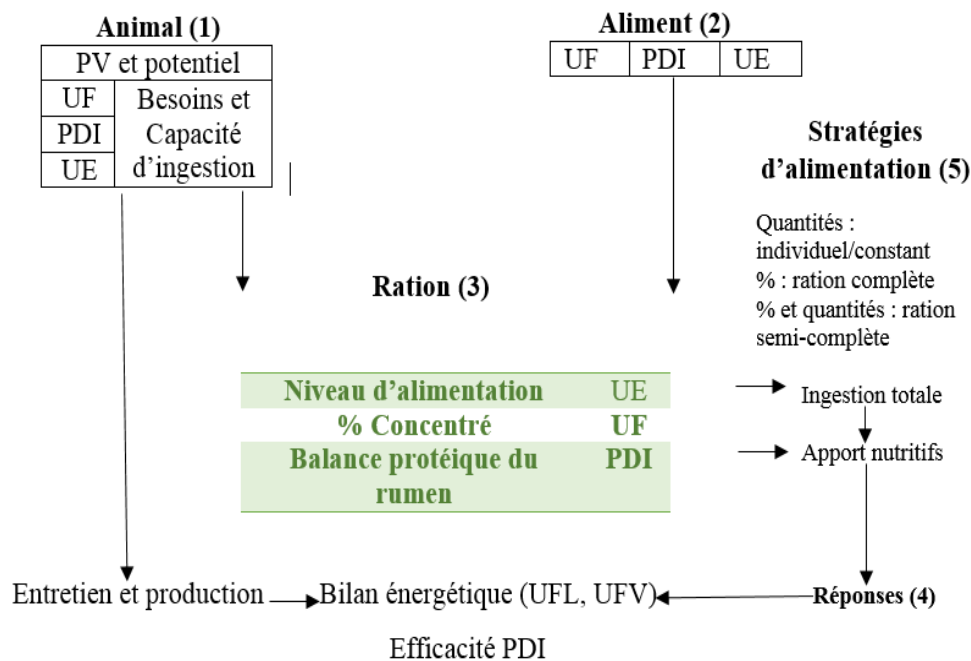


Figure 4: Les Principes généraux de rationnement des ruminants (INRA, 2018)

2.2.1 Expression des besoins des animaux et des apports de la ration

Les animaux ont des besoins nutritionnels pour maintenir leur matière vivante, grandir et produire. Ces besoins sont couverts par les nutriments apportés par la ration alimentaire, qui doit également tenir compte de la capacité d'ingestion de l'animal.

Les critères zootechniques nécessaires pour calculer la capacité d'ingestion et les besoins nutritionnels des ruminants varient en fonction de l'espèce animale (bovins laitiers ou à viande, ovins ou caprins) et du type de production (lait, viande, laine, etc.).

Les besoins d'entretien en énergie, en protéines et en minéraux dépendent de la race, du poids vif (PV) et de l'activité de l'animal. Les besoins d'entretien sont les dépenses minimales nécessaires pour maintenir un animal au repos, non productif, à un état stable (ni gain ni perte de poids ou d'état corporel) (Agabriel *et al.*, 2007).

2.2.1.1 Besoins et apports en énergie

Comme la plupart des autres systèmes d'unités d'alimentation pour les ruminants, Le système Inra est basé sur l'énergie nette (EN). Cette énergie est exprimée en unité fourragère (UF) qui correspond à l'énergie nette contenue dans 1 kg brut d'orge standard et est équivalente à 1 760 kcals (7,37 MJ) d'énergie nette. Les valeurs UFL (unité fourragère lait) sont utilisées pour les animaux en lactation et en croissance faible à modérée, tandis que les valeurs UFV (unité fourragère viande) sont utilisées pour les animaux en croissance élevée (chez les bovins, dans le cas d'une croissance supérieure à 1000 g/j) (Figure 6). En effet, la précision de la prévision des besoins énergétiques des animaux d'élevage constitue un défi permanent, car l'énergie est la composante nutritive la plus coûteuse des régimes alimentaires des animaux d'élevage (Nozière et Michalet-Doreau, 2000).

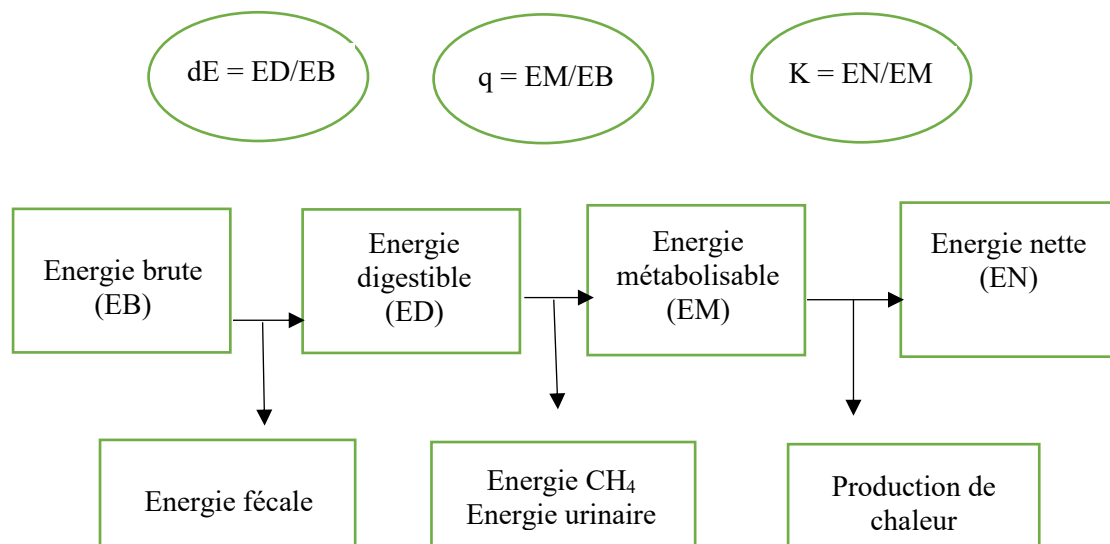


Figure 5: Les étapes de l'utilisation de l'énergie par les ruminants (INRA, 2018)

L'énergie brute (EB) des aliments est l'énergie potentiellement utilisable par les êtres vivants. Cette énergie dépend des teneurs en EB des différents nutriments contenus dans l'aliment tel que : Les glucides (4,2 Mcal/kg), les protéines (de 5,4 à 5,7 Mcal/kg) et les lipides (de 9,3 à 9,4 Mcal/kg). Cependant, après le processus de

digestion, seule une partie de cette énergie est utilisable, appelée énergie digestible (ED) qui est calculée en soustrayant les pertes d'énergie dans les fèces. L'ED n'est pas entièrement utilisé par l'organisme car une partie est perdue sous forme de gaz (essentiellement CH₄) et d'urine et d'énergie urinaire. Ensuite, l'énergie qui en résulte est appelée énergie métabolisable (EM) qui n'est que partiellement valorisée dans le produit final, car l'animal perd une grande partie de cette énergie sous forme de chaleur. Enfin, l'énergie qui est réellement utilisée par l'organisme est appelée énergie nette (EN) (Sauvant et Nozière, 2016).

Chez les vaches laitières, Les besoins énergétiques (besUFL), sont constitués des besoins d'entretien, de croissance, de production de lait et de gestation (Delagarde *et al.*, 2006). Les besoins en énergie pour l'entretien (besUFL_ent) dans une stabulation libre avec de l'air d'exercice augmentent avec le poids métabolique de 0,0536 UFL/kg PV^{0,75}, soit une augmentation marginale d'environ 0,008 UFL/kg PV (INRA, 2018). Les dépenses liés à l'activité physique peuvent affecter ce besoin (I_{act} : indice d'activité).

$$\text{besUFL_ent} = 0,0536 \times \text{PV}^{0,75} \times \text{I}_{\text{act}}, \text{ Avec :}$$

- PV = poids vif (kg)

- I_{act} = 0,95 en stabulation entravée, 1,0 en stabulation libre, 1,1 en pâturage de plaine, 1,2 en pâturage de zone vallonnée ou longue distance et 1,3 en pâturage de montagne. Donc en stabulation entravée, la valeur du besoin d'entretien est de 0,051 UFL/PV^{0,75}.

Les besoins énergétiques pour la croissance (besUFL_gain) sont dépendants de l'âge (en mois), notamment pour les vaches primipares et plus généralement pour les vaches de moins de 40 mois (besUFL_croiss = 0 si âge > 40 mois).

$$\text{besUFL_gain} = 3,14 - (0,077 \times \text{Age}).$$

L'énergie nécessaire à la production de lait (besUFL_PL) est égale à l'énergie exportée dans le lait. La valeur énergétique d'un kilogramme de lait est déterminée en tenant compte de sa teneur en matières grasses et en protéines (TB et TP en g/kg). Un kilogramme de lait avec une teneur en matières grasses de 40 g/kg et une teneur en protéines de 31 g/kg a une valeur énergétique de 0,42 UFL.

$$\text{besUFL_PL} = \text{PL} \times [0,42 + [0,0053 \times (\text{TB} - 40)] + [0,0032 \times (\text{TP} - 31)]]$$

Les besoins énergétiques de gestation ($\text{besUFL}_{\text{gest}}$) sont déterminés à partir du poids du veau attendu à la naissance (PV_{veau} , en kg) et de la semaine de gestation (SG). Ce n'est que pendant les trois derniers mois de gestation que ces besoins sont réellement significatifs.

$$\text{besUFL}_{\text{gest}} = 0,000695 \times \text{PV}_{\text{veau}} \times \exp(0,116 \times \text{SG}) \text{ (INRA, 2018)}.$$

2.2.1.2 Besoins et apports en protéine

Les protéines digestibles dans l'intestin correspondent à la valeur PDI d'un aliment, exprimée en g/kg MS (Tableau 2). La valeur du PDI est la somme du PDIA, issues des protéines alimentaires qui ne sont pas dégradées dans le rumen, et du PDIM, qui provient de la synthèse microbienne dans le rumen (INRA, 2018). En plus de la valeur PDI, la balance protéique du rumen (BPR en g/kg MS) permet d'évaluer l'équilibre entre l'énergie fermentescible et l'azote dégradable disponible pour la synthèse microbienne dans le rumen (Lemosquet *et al.*, 2014).

Tableau 2: Besoins des vaches laitières en matières azotées (INRA, 2018)

Besoins des vaches laitières en PDI g/kg	
Pour les fonctions non productives	$\text{besPDI}_{\text{NP}} = \text{besPDI}_{\text{PUendo}} + \text{besPDI}_{\text{PPha}} + \text{besPDI}_{\text{PEF}}$ Avec : $\text{besPDI}_{\text{PUendo}} = 0,312 \times \text{PV}$ $\text{besPDI}_{\text{PPha}} = (0,2 \times \text{PV}^{0,6})/\text{EffPDI}$ $\text{besPDI}_{\text{PEF}} = \text{MSI} \times [5 \times (0,57 + 0,0074 \times \text{MOND})]/\text{EffPDI}$
Pour la croissance	$\text{besPDI}_{\text{gain}} = (270 - 6,66 \times \text{Age})/\text{EffPDI}$
Pour la production de lait	$\text{besPDI}_{\text{PL}} = (\text{PL} \times \text{TP})/\text{EffPDI}$
Pour la gestation	$\text{besPDI}_{\text{gest}} = (0,0448 \times \text{PV}_{\text{veau}} \times \exp^{(0,111 \times \text{SG})})/\text{EffPDI}$

PV : Poids vif (kg), **MSI** : Ingestion de matière sèche (kg/j), **MOND** : Concentration en matière organique non digestible du régime (g/kg MS), **EffPDI** : Efficacité de l'utilisation des PDI (g/g), **PL** : Production laitière en kg, **TP** : teneur en protéines du lait g/kg, **SG** : semaine de gestation, **PV_{veau}** : poids du veau attendu à la naissance.

Le système PDI inclut le système des acides aminés digestibles dans l'intestin (AADI). Chaque AADI est exprimé en pourcentage des PDI et dépend à la fois des AA alimentaires non dégradés dans le rumen et du profil des AA des microorganismes du rumen (Aufrère *et al.*, 1991). Le système des acides aminés digestibles dans l'intestin (AADI) est composé de 16 acides aminés : neuf essentiels (Lys, Thr, Met, Ile, Val, Leu, Phe et Arg) et sept non essentiels (Ala, Asp, Gly, Glu, Pro, Ser, Tyr) (Rulquin *et al.*, 2001).

Ce système est basé sur le concept de protéine idéale (Boisen *et al.*, 2000). Il représente une avancée en termes d'amélioration de la composition du PDI pour augmenter la teneur en protéines du lait. Les concentrations idéales de LysDI et MetDI, sont fixées respectivement de 7,00 g et 2,40 g pour 100 g de PDI. Des effets négatifs sur la production laitière résulteront d'une concentration insuffisante de ces acides aminés limitants (Agabriel *et al.*, 2007). En effet, chez La vache laitière, seulement 25 à 35 % des protéines ingérées seront transférées dans le lait alors que le reste sera excrété dans l'urine ou les fèces (Lapierre *et al.*, 2002).

2.2.1.3 Besoins et apports en minéraux

Selon leur présence dans les tissus des animaux et les aliments, les minéraux sont appelés macro ou oligo-éléments. Les concentrations des 7 macroéléments (Ca, P, K, Na, Cl, Mg et S) sont exprimées en g/kg MS, alors que les concentrations des oligoéléments (Co, Cu, I, Mn, Se, Zn, Cr et Mo) sont exprimées en mg/kg MS (Tableau 5). En effet, certains minéraux ne sont jamais pleinement utilisés par l'animal car une partie d'entre eux n'est pas absorbée par le tube digestif (pertes fécales) et une partie des minéraux absorbés est perdue au cours des processus métaboliques (pertes urinaires) (Meschy, 2010). Les apports journaliers recommandés dans le système Inra sont exprimés en Ca, P et Mg absorbables afin de tenir compte des besoins des ruminants en ces minéraux (Meschy, 2017).

Pour les autres macro et oligo-éléments dont l'absorbabilité est presque totale, l'apport en ces minéraux est exprimé par la quantité totale présente dans les aliments (Meschy et Corrias, 2005).

Tableau 3: Besoins en calcium et en phosphore absorbable chez les bovins (Meschy, 2017)

Besoins des bovins	
Ca_{abs} (g/j)	
Entretien pour la croissance	$0,663 \times MSI + 0,008 \times PV$
Entretien pour la gestation (pas de lactation)	$0,015 \times PV$
Entretien pour la lactation	$0,663 \times MSI + 0,008 \times PV$
Croissance (par kg de gain)	$9,83 \times PV_{adulte}^{0,22} \times PV^{-0,22}$
Dernier tiers de gestation	$23,5 / (1 + \exp^{(18,8 - 5,03 \times \ln(40 - SaV))})$
Lactation (par l de lait)	1,25
P_{abs} (g/j)	
Entretien	$0,83 \times MSI + 0,002 \times PV$
Croissance (par kg de gain)	$1,2 + 4,66 \times PV_{adulte}^{0,22} \times PV^{-0,22}$
Dernier tiers de gestation	$7,38 / (1 + \exp^{(19,1 - 5,46 \times \ln(40 - SaV))})$
Lactation (par l de lait)	0,90

PV adulte : poids vif adulte (kg) ; **MSI** : matière sèche ingérée (kg/j) ; **SaV** : semaine avant vêlage calculée à partir de la date prévue de vêlage.

2.2.1.4 Besoins et apports en vitamines

Il existe 13 vitamines référencées, réparties en deux groupes en fonction de leur solubilité. Les vitamines A, D, E et K sont appelées vitamines liposolubles, tandis que les vitamines du groupe B et la vitamine C sont appelées vitamines hydrosolubles. Les seules vitamines pour lesquelles des recommandations nutritionnelles ont été faites à ce jour sont les vitamines A, E et D (Nozière *et al.*, 2006). Chez les vaches laitières, la nécessité de supplémentation en ces vitamines est due en partie à l'augmentation de la production au cours des dernières décennies, qui s'est accompagnée d'une longue période de stabulation en étable au détriment du pâturage. Cela diminue l'exposition au soleil, nécessaire à la synthèse endogène de la vitamine D, ainsi que les principaux apports naturels des carotènes (précurseurs majeurs de la vitamine A) et de la vitamine E, significativement moins présents dans les herbes conservées que dans les herbes fraîches. Les vitamines K et B sont généralement présentes en quantités suffisantes dans l'alimentation des ruminants, associés à la synthèse par la flore du rumen ou associés à une synthèse hépatique endogène pour la vitamine C (Meschy, 2007). Les apports

quotidiens recommandés en vitamines pour les ruminants sont indiqués dans le tableau 4.

Tableau 4: Apports journaliers recommandés en vitamines pour les ruminants (Meschy, 2007)

UI/kg MS	Proportion de concentré dans la ration	
	< 40 %	> 40 %
Vitamine A		
En gestation	6 000	9 000
En lactation	4 200	6 600
Vitamine D	1 000	1 000
Vitamine E		
En gestation	25	—
En lactation	15	40

UI : unité internationale.

2.2.2 Capacité d'ingestion

L'apport en nutriments dépend principalement de la quantité de matière sèche ingérée. Cependant, Cette quantité varie en fonction de nombreux facteurs tels que les caractéristiques de l'animal, sa conduite, les aliments qu'il consomme et son environnement. Les besoins énergétiques et azotés de l'animal, sa motivation à manger et sa capacité à digérer l'aliment jouent un rôle important dans cette consommation (Figure 6). La capacité d'un aliment à être ingéré dépend de ses caractéristiques physico-chimiques et structurales, ainsi que de sa palatabilité qui est en partie corrélée à d'autres caractéristiques de l'aliment (notamment sensorielles) (Faverdin *et al.*, 2007).

Le système des unités d'encombrement consiste à prévoir séparément la capacité d'ingestion (CI) des animaux ruminants et la valeur d'encombrement (VE) des aliments en utilisant une unité commune appelée unité d'encombrement (UE). La valeur d'encombrement d'un aliment (UE/kg MS) est une fonction inverse de son ingestibilité, exprimée en g MSVI/kg de poids métabolique ($PV^{0.75}$). La capacité d'ingestion (CI) dépend uniquement des caractéristiques des animaux, tandis que la valeur d'encombrement des fourrages dépend des caractéristiques ceux-ci (espèce végétale,

composition chimique, stade de végétation, méthode de conservation, etc.) (Dulphy *et al.*, 1987).

$$CI = \sum_i (MSI_i * UE_i)$$

MSI_i = Matière sèche ingérées de chaque aliment.

UE_i = Valeur d'encombrement de chaque aliment.

Le contrôle de l'équilibre énergétique joue un rôle clé dans la régulation de l'ingestion. En effet, selon (Jarrige, 1988 ; Faverdin *et al.*, 2007), plusieurs facteurs influencent la prise alimentaire volontaire d'un ruminant (Figure 3). Ils sont répartis en cinq catégories :

- 1) Les facteurs physiologiques qui affectent la capacité d'ingestion d'un animal.
- 2) Les caractéristiques du fourrage qui déterminent sa valeur nutritionnelle et son ingestibilité.
- 3) Les caractéristiques et les quantités des aliments concentrées dans la ration et leurs effets sur la consommation de fourrage.
- 4) Les facteurs de conduite d'élevage.
- 5) Les facteurs environnementaux qui peuvent changer l'expression de cette capacité.

De plus, l'impact du climat sur la capacité d'ingestion des ruminants est pris en considération surtout dans les régions chaudes où les animaux sont exposés à des températures supérieures à leur plage thermo-neutre pendant une période prolongée. Par exemple, une vache Holstein ne devrait produire de la chaleur spécifiquement destinée au maintien de la température corporelle par l'augmentation de son ingestion que lorsque la température de son environnement est inférieure à -5 °C. Lorsque cette température est constamment supérieure à 25 °C, la même vache doit diminuer sa production de chaleur en réduisant sa consommation alimentaire et sa production de lait (Johnson, 1987).

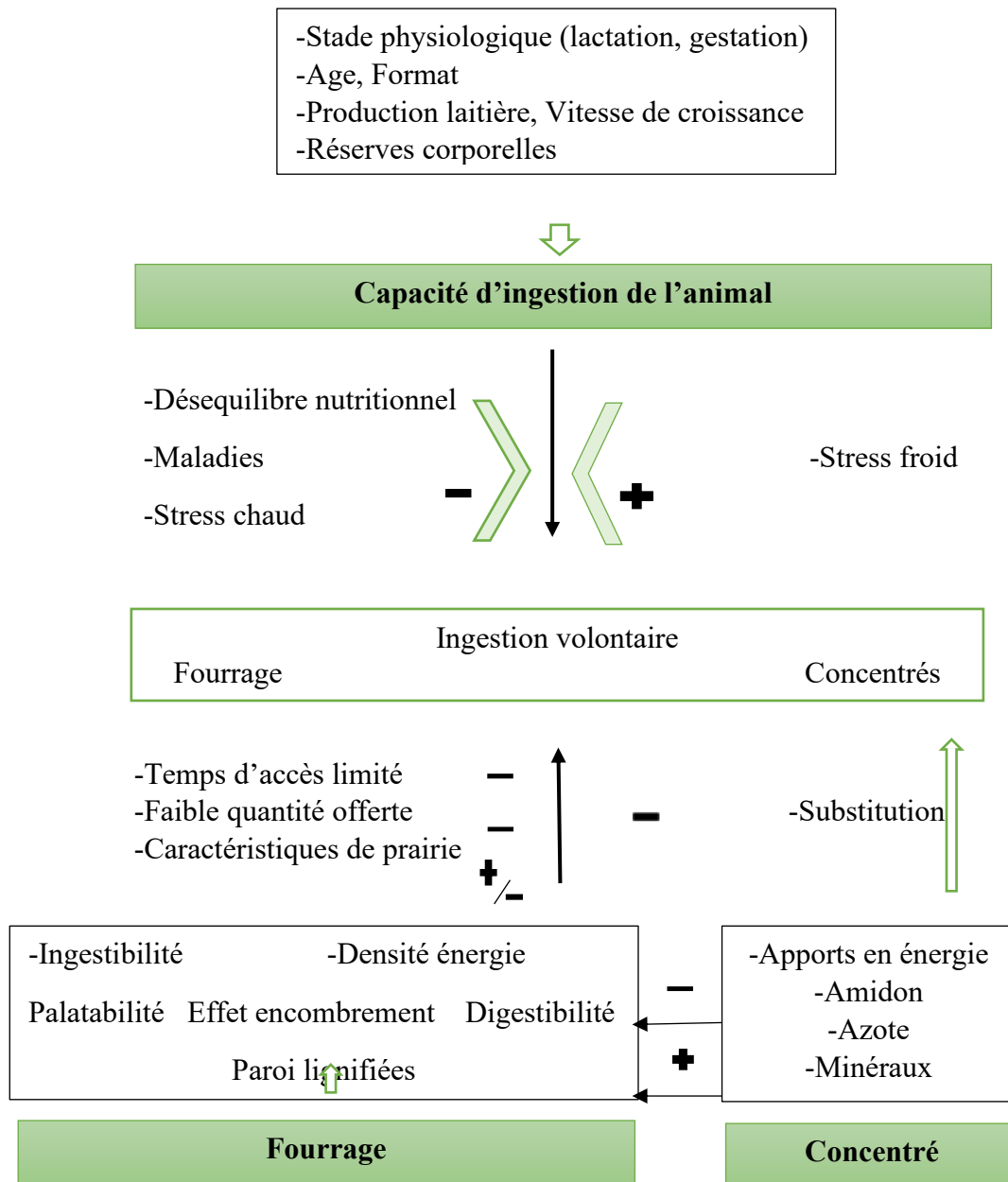


Figure 6: Les principaux facteurs qui influencent la capacité d'ingestion des ruminants

2.2.2.1 Valeur d'encombrement des fourrages

Les valeurs d'encombrement ont été principalement étudiées et caractérisées pour les fourrages. Chaque fourrage a une valeur UE constante qui dépend surtout de sa composition chimique. Ainsi, l'encombrement du rumen est fonction du temps de séjour des aliments et de leurs résidus dans le réticulo-rumen. Un fourrage standard de référence avec une valeur d'encombrement de 1 UE/kg MS est une herbe feuillue de prairie coupée au stade pâturage au cours du premier cycle, qui contient 150 g de

matières azotées, 250 g de cellulose brute, 280 g d'ADF et 530 g de NDF par kg de MS (Faverdin *et al.*, 2007).

Il a été établi que trois unités d'encombrement ont été définies pour les animaux de référence : UE mouton (UEM), UE bovin (UEB) et l'UE de lactation (UEL) pour les animaux en lactation.

La valeur d'encombrement d'un fourrage U_{EF} est égale à :

$$U_{EF\ i} = (\text{ingestion du fourrage de référence}) / (\text{ingestion du fourrage } i)$$

L'ingestion de fourrage varie fortement selon le type et le format de l'animal. Elle est exprimée en fonction du poids métabolique (PV^{0,75}).

— 75 g MS/kg PV^{0,75} pour le mouton standard, un mouton Texel âgé de 1,5 à 4 ans, avec un poids vif moyen de 60 kg et dont la CI est de 1,62 UEM.

— 95 g MS/kg PV^{0,75} pour le bovin standard, une génisse Prim'Holstein âgée de 16 à 18 mois, avec un poids vif de 400 kg et dont la CI est de 8,5 UEB ;

— 140 g MS/kg PV^{0,75} pour la vache laitière standard, une vache laitière adulte en lactation produisant 25 kg de lait à 4 % de matières grasses par jour au 4^{ème} mois de lactation, avec un poids vif de 600 kg et dont la CI est de 17,0 UEL (INRA, 2018).

2.2.2.2 Valeur d'encombrement des concentrés

La valeur d'encombrement des concentrés (UE_c) varie en fonction du type de fourrage utilisée dans la ration, ainsi que du taux de substitution entre les fourrages et les concentrés. Elle n'est généralement pas constante et reflète principalement la régulation énergétique de l'ingestion dans le système des UE. En effet, une consommation accrue d'aliments concentrés entraîne une diminution de l'ingestion des fourrages, selon leur teneur en fibres, en protéines et en amidon. Les aliments concentrés présentent une digestibilité très variable dans le rumen, ce qui entraîne des changements importants de leur encombrement réel (INRA, 2018).

En effet, la valeur d'encombrement des aliments concentrés (UE_c), exprimée en UE, est : $UE_c = U_{EF} \times \frac{CI/UE_{EF} - X}{Y}$

X = kg MS de fourrages ingérés.

Y = kg de concentré ingérés.

UE_F = Valeur d'encombrement des fourrages.

CI = Capacité d'ingestion.

La valeur $(CI/UEf-X)/Y$ reflète l'évolution de la consommation de fourrage par kg de concentré, appelée aussi « taux de substitution global » (TSg) (Dulphy *et al.*, 1989), avec : $UEc = UEf \times TSg$

2.2.3 Calcul de la valeur des aliments

Une évaluation précise de la valeur nutritionnelle et de l'ingestibilité de chaque aliment est nécessaire pour une meilleure utilisation possible de l'aliment dans les rations. La valeur alimentaire d'un aliment est déterminée par sa capacité à être ingérée et sa contribution aux besoins nutritionnels de l'animal. La valeur d'encombrement (UE) mesure l'ingestibilité d'un aliment, tandis que la valeur nutritive évalue la qualité de l'aliment en termes de couverture des besoins nutritionnels de l'animal. La composition biochimique et l'origine des constituants végétaux jouent un rôle important dans la détermination de la valeur nutritive d'un aliment. Cette valeur alimentaire est calculée selon trois facteurs : **l'encombrement** (système UE), **l'énergie** (système UF) et **l'azote** (système PDI) (Demarquilly *et al.*, 1995).

Les principales équations utilisées pour calculer les valeurs alimentaires sont résumées dans le tableau 7. Les calculs des valeurs d'encombrement des fourrages sont effectués à partir de la matière sèche ingérée volontairement. De même, l'encombrement des aliments concentrés est estimé en fonction de la durée de leur séjour dans le rumen. La valeur de l'énergie est calculée à l'aide d'un calcul séquentiel de l'énergie brute (EB), de l'énergie digestible (ED), de l'énergie métabolique (EM) et enfin de l'énergie nette pour la lactation (ENL) ou la production de viande (ENV). La valeur azotée des aliments est exprimée en protéines digestibles dans l'intestin (PDI) et en acides aminés digestibles dans l'intestin (AADI). La valeur PDI d'un aliment est déterminée en calculant la quantité totale des protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (PDIA) et d'origine microbienne (PDIM). La balance protéique du rumen (BPR) est issue de la différence entre les matières azotées alimentaires dégradables dans le rumen, et les matières azotées synthétisées par les microorganismes dans le duodénum (INRA, 2018).

Tableau 5: Principes de calcul de la valeur alimentaire (INRA, 2018)

Valeur d'encombrement	en UE/kg MS
Fourrages : $UEM = 75/MSVI_M$ $UEB = 95/MSVI_B$ $UEL = 140/MSVI_L$ Avec -UEM = valeur d'encombrement pour les moutons -UEB = valeur d'encombrement pour les bovins en croissance et les femelles allaitantes -UEL = valeur d'encombrement pour les vaches et les chèvres laitières $MSVI_M$, $MSVI_B$, $MSVI_L$ = respectivement matière sèche volontairement ingérée chez les moutons, les bovins et les animaux producteurs de lait en g/kg PV ^{0,75}	
Concentrés : $VEc = VEf \times TSg$, Avec -VEc et VEf = valeur d'encombrement du concentré et du fourrage. -TSg = taux de substitution global $-bVEc = (fd/(kd + kp) + fi/kp)/24$ Avec -bVEc = valeur basale d'encombrement des aliments concentrés -fd = fraction potentiellement dégradable de l'aliment -fi = fraction indégradable -kd = taux de dégradation/h -kp = taux de passage fixé à 0,05/h	
Valeur énergétique	en UF/kg MS
Unités fourragères : $UFL = ENL/1\ 760$ $UFV = ENV/1\ 760$ Énergie nette pour la lactation : $ENL = EM \times kls$ en kcal/kg MS Énergie nette pour la production de viande : $ENV = EM \times kmf$ Avec kls, km et kf efficacité partielle d'utilisation de l'EM : - $kls = 0,65 + 0,247 \times (q - 0,63)$ Pour la production de lait seulement (+ entretien) - $km = 0,287 \times q + 0,554$ Pour l'entretien - $kf = 0,78 \times q + 0,006$ Pour la croissance et l'engraissement - $kmf = (km \times kf \times 1,5) / (kf + 0,5 \times km)$ Pour l'entretien, la croissance et la production de viande - $q = EM/EB$ concentration de l'aliment en EM.	

Énergie métabolisable : $EM = ED - ECH_4 - EU$ en kcal/kg MS

Énergie digestible : $ED = EB \times dE \times 0,01$

Avec

-EB = énergie brute de l'aliment calculée à partir de la composition chimique en kcal/kg MS

-dE = digestibilité de l'énergie fonction de la digestibilité de la matière organique (dMO) en %

-ECH₄ = $CH_4 / MOD \times 10^{-3} \times MOD \times 12,5$ en kcal/kg MS

Avec

-MOD = $MO \times 0,01 \times dMO$ (en g/kg MS)

-CH₄ / MOD = $45,42 - 6,66 \times N_{Iref} + 0,75 \times N_{Iref}^2$ (en kcal/kg MOD)

-N_{Iref} (% du PV) = $(MSVI_M \times PV^{0,75} / PV) / 10$ avec PV = 60 kg pour les fourrages et N_{Iref} (% du PV) = 2 pour les concentrés

-EU = $EU\%EB \times GE \times 0,01$ en kcal/kg MS

-EU%EB = $2,9 + 0,017 \times MAT - 0,47 \times N_{Iref}$

Valeur azotée

en g/kg MS

PDI = PDIA + PDIM

BPR

Avec

-PDIA = protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire

-PDIM = protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne

-BPR = balance protéique du rumen

-PDIA = $MAT \times (1 - 0,01 \times DT_N) \times dr_N \times 0,01$

-PDIM = $(41,67 + 71,9 \times 10^{-3} \times MOF) \times 0,8 \times 0,8$

-BPR = $[(MAT \times 0,01 \times DT_N) - (41,67 + 71,9 \times 10^{-3} \times MOF)] - 14,2$

Avec

-DT_N = dégradabilité théorique des protéines dans le rumen (en %)

-dr_N = digestibilité réelle des protéines alimentaires non dégradées dans le rumen (en %)

-MOF = $MOD - PDIA - AmiD_int - NDFD_int - AGD_int - PF$

Avec

-MOF = matière organique fermentescible (g/kg MS)

-AmiD_{int} = amidon digestible dans les intestins en g/kg MS

- NDFD_int = NDF digestible dans les intestins
- AGD_int = acides gras digestibles dans les intestins
- PF = produits de fermentation des ensilages

La digestibilité apparente de la matière organique (dMO) constitue un facteur clé dans la détermination des valeurs UF, PDI et UE. De plus, elle influence le changement de la matière organique fermentescible (MOF) qui détermine la valeur PDIM. L'estimation de la valeur PDI nécessite de calculer la dégradabilité théorique de l'azote dans le rumen (DT_N) et la digestibilité réelle dans l'intestin des protéines alimentaires non dégradées dans le rumen (dr_N) et enfin la matière organique fermentescible fournie (Figure 7).

Etant donné que le contenu cellulaire d'un fourrage est entièrement digestible, donc la dMO de fourrage est étroitement liée à la quantité de parois végétales indigestible qu'il contient. La quantité d'ADF est généralement corrélée à la digestibilité et la valeur énergétique du fourrage, l'augmentation de la teneur en ADF, favorise la diminution de la digestibilité et de l'apport énergétique. La fibre NDF fournit une estimation assez précise de la fibre totale dans les aliments. En outre, il affecte la dureté et la résistance à la mastication des tissus végétaux. Une augmentation de 100 g/kg MS de la teneur en NDF des rations entraîne une augmentation de l'indice de mastication de 3 à 4 min/kg MS chez les bovins. Pour maintenir le pH du rumen au-dessus de 6,0, le régime doit contenir au moins 300 g de NDF/kg MS. Cependant, la quantité de NDF dans le régime ne doit pas être trop élevée (plus de 500 g/kg MS), car cela réduira considérablement la digestibilité de la matière organique et augmentera l'effet d'encombrement de la ration (Sauvant *et al.*, 2008).

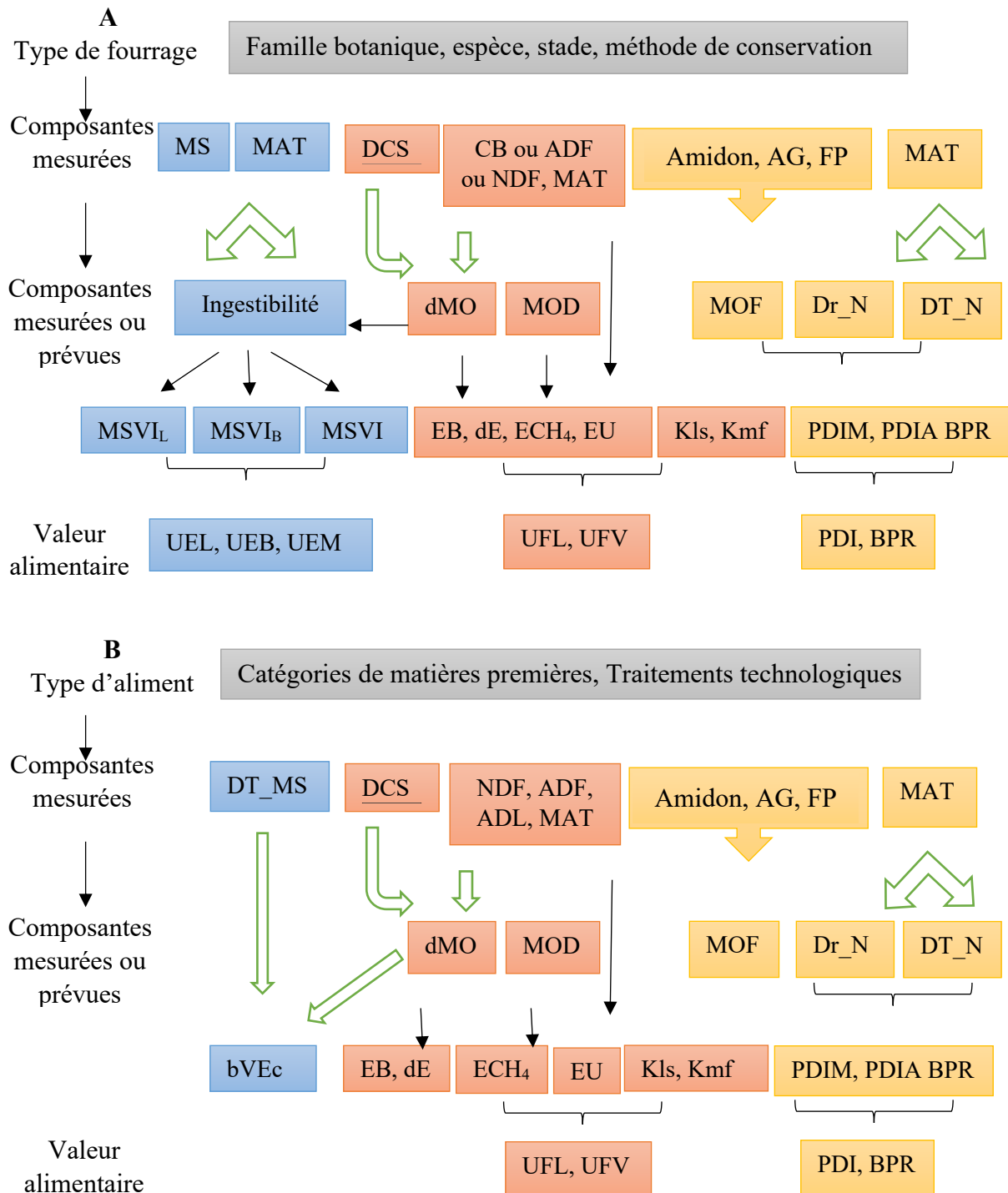


Figure 7: Démarche complète de calcul de la valeur alimentaire pour les fourrages (A) et pour les aliments concentrés (B) (INRA, 2018)

2.2.4 Calcul de la ration

L'objectif du rationnement est de trouver la meilleure combinaison possible d'aliments disponibles pour répondre aux besoins des animaux (UF, PDI, minéraux) en fonction de leur capacité d'ingestion. Ainsi, du fait de la cherté des aliments concentrés

par rapport au fourrage, l'un des principes de rationnement est de maximiser l'utilisation des fourrages, tandis que les aliments concentrés sont utilisés uniquement pour corriger ou améliorer la valeur nutritionnelle globale de la ration (Agabriel *et al.*, 2007).

La première étape du calcul consiste à déterminer si le fourrage distribué à volonté est suffisant pour couvrir les besoins énergétiques des animaux (besUFL ou besUFV), capacité d'ingestion (CI) et de leur valeur d'encombrement (UEBf ou UELf) (INRA, 2018). Deux situations nutritionnelles sont présentées :

Le fourrage seul permet de répondre aux besoins totaux en UF. Dans ce cas il faut vérifier les apports en PDI permis par ce fourrage, avec deux issues possibles :

1a. Les besoins PDI sont couverts et aucun apport de concentré n'est nécessaire. Cette situation est possible au pâturage avec une herbe de bonne qualité chez les animaux ayant des besoins modérés (femelles en fin de lactation ou tarées, animaux à faible croissance), (Baumont *et al.*, 2016).

1b. Les besoins PDI ne sont pas couverts. L'ajout d'un concentré riche en protéines s'impose, et l'énergie qu'il apporte va se substituer à celle du fourrage. C'est le cas de l'ensilage de maïs, à faible teneur en PDI, ce qui justifie l'utilisation de tourteaux.

Le fourrage seul est insuffisant pour couvrir les besoins en énergie. La supplémentation d'un concentré riche en énergie est nécessaire. Par la suite, il y a deux possibilités :

2a. Les besoins en PDI sont couverts donc il n'est pas nécessaire d'utiliser un autre concentré plus riche en protéines.

2b. Les besoins en PDI ne sont pas couverts. L'association de deux concentrés, l'un riche en énergie et l'autre en matières azotées, est requise. C'est souvent le cas des aliments à base de foin ou d'ensilage d'herbes, pauvres en énergie et en azote (Figure 8).

Enfin, quelle que soit la situation, avec ou sans ajout de concentrés, la valeur BPR et les apports en minéraux doivent être calculés et comparés aux besoins des animaux. Un supplément minéral est fréquemment nécessaire, en particulier chez les femelles en lactation (Delagarde *et al.*, 2006).

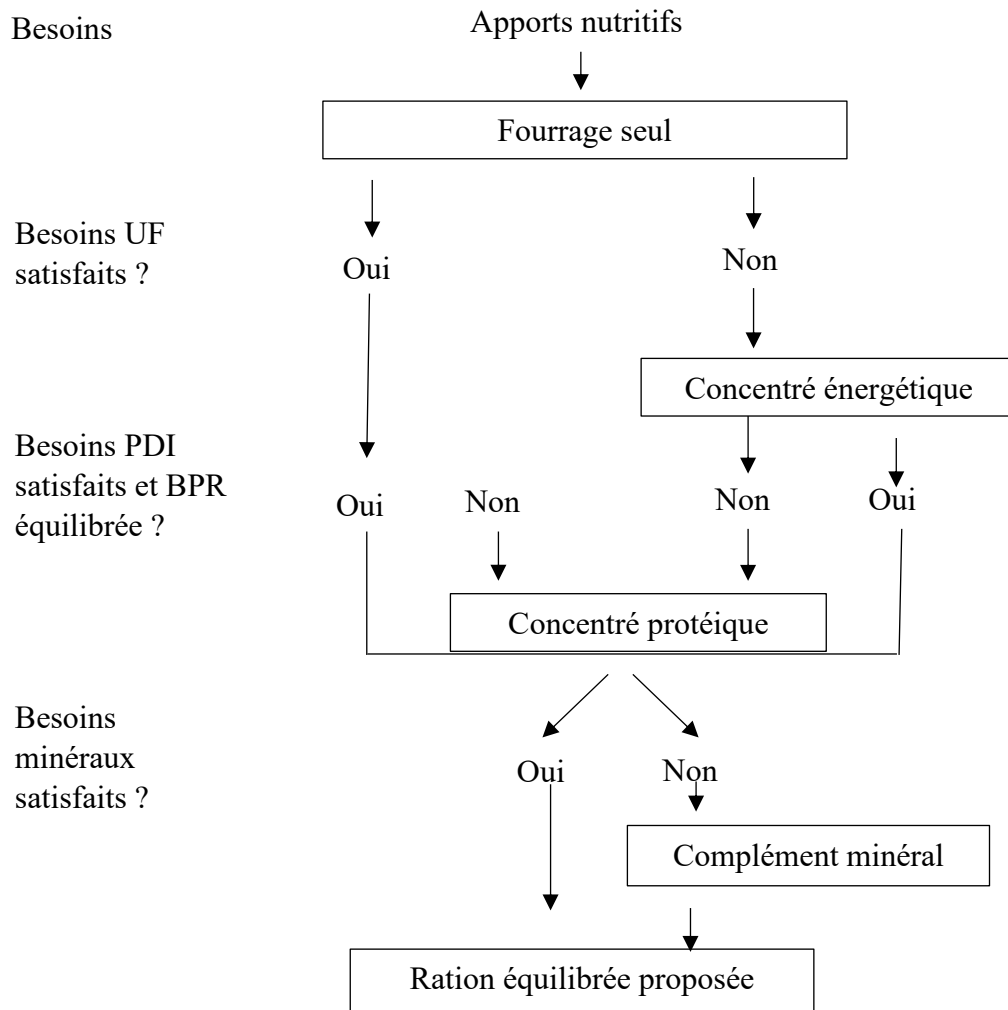


Figure 8: Approche du calcul d'une ration (INRA, 2018)

Le système INRA, comme la plupart des autres systèmes d'unités d'alimentation pour les ruminants, est basé sur l'énergie nette (EN). En pratique, l'EN est exprimée en unité fourragère (UF) basée sur la valeur de l'orge de référence (1 UF = 1 760 kcal pour 1 kg). Il existe plusieurs types de systèmes d'alimentation pour les vaches laitières en français, notamment :

Les systèmes de TMR (Ration Mixte Totale), où tout le fourrage de la vache est mélangé ensemble et distribué dans une seule ration.

Les étables à libre parcours, où les vaches peuvent se déplacer librement et ont accès à une variété de fourrages tels que l'herbe, le foin et les concentrés.

Les systèmes basés sur les pâturages, où les vaches ont accès à l'herbe des pâturages pour la plupart de l'année.

Les systèmes de pâturage rotatif, où les vaches sont déplacées vers différentes sections de pâturage régulièrement.

Les systèmes d'alimentation automatisés, où le fourrage est distribué aux vaches par des moyens mécaniques tels que les chariots à fourrage ou les distributeurs automatiques.

Chacun de ces systèmes à ses propres avantages et inconvénients, et le choix optimal dépendra des facteurs tels que l'emplacement de la ferme, le climat et la taille du troupeau.

2.3 Stratégies d'alimentation

Différentes stratégies d'alimentation associent les modalités d'allocation du concentré et de distribution de la ration. Généralement, les rations calculées pour un animal standard sont distribuées à un groupe d'animaux plutôt qu'individuellement. La distribution d'une quantité fixe de concentré à un groupe d'animaux homogène permet, théoriquement de couvrir au mieux leurs besoins nutritionnels. Ces groupes sont généralement formés selon des critères tels que le potentiel génétique, le stade physiologique, l'âge, le poids, ou encore des objectifs spécifiques, comme la reconstitution des réserves corporelles ou l'augmentation du gain de poids quotidien. Cette approche est particulièrement adaptée aux vêlages groupés et est mise en œuvre au pâturage pour faciliter la distribution d'aliment (Delaby *et al.*, 2009). La stratégie de la ration semi-complète représente un compromis entre l'approche précédente. Elle consiste à fournir une ration complète à l'ensemble des animaux, en ajoutant individuellement du concentré aux animaux ayant des besoins particuliers, tels que les vaches à fort potentiel, les animaux trop maigres ou les brebis allaitant deux agneaux. Cette approche permet de diminuer la densité nutritionnelle de la ration complète, évitant ainsi la suralimentation des animaux à faibles besoins, tout en fournissant des quantités de concentré plus adaptées aux animaux ayant des besoins plus élevés (INRA, 2018).

CHAPITRE III :

CONCEPT DES

RATIONS COMPLETES

1. Introduction

Les rations complètes représentent une approche nutritionnelle qui consiste à mélanger de manière précise et homogène divers aliments, tels que les fourrages, les concentrés et les compléments, afin de couvrir efficacement les besoins des vaches laitières. Ce mélange permet de garantir que chaque portion d'aliment contient tous les nutriments essentiels nécessaires au maintien de la santé et de la production laitière des vaches (Schingoethe, 2017).

Auparavant, les vaches laitières étaient principalement nourries avec des fourrages grossiers, les concentrés étant distribués séparément dans la salle de traite à titre d'incitation. Cependant, cette pratique a engendré des troubles digestifs, affectant le pH ruminal (Borreani, 2019). Pour améliorer la santé digestive et la production laitière, il est devenu essentiel d'adopter une alimentation adéquate et équilibrée. Cet objectif est désormais mieux atteint grâce aux rations totales mélangées, qui suscitent un intérêt croissant ces dernières années (Schmidt *et al.*, 2017).

2. Ration complète

La ration complète est une méthode de distribution qui consiste à mélanger les fourrages et les concentrés préalablement à l'aide d'une mélangeuse distributrice, avant de servir ce mélange aux animaux. De ce fait, aucun concentré n'est ajouté individuellement, assurant une alimentation uniforme pour tous les animaux. Les troupeaux homogènes, composés d'animaux ayant le même âge, poids et niveau de production, reçoivent donc une ration collective. La ration complète, conçue pour un objectif de production moyen du troupeau, peut entraîner une sous-alimentation des vaches à haute production et une sur-alimentation des vaches moins productives (Djaalab, 2018).

3. Ration semi complète

La ration semi-sèche repose sur un ensilage, servant de fourrage de base, accompagné d'une complémentation simplifiée, généralement constituée d'un aliment concentré unique. Lorsque le concentré est sous forme d'un mash riche en fibres, dont la texture stimule activement la rumination, l'ensilage peut alors suffire comme seul fourrage. (Collas, 2008). Cette capacité repose souvent sur l'ajout de luzerne en brins longs dans le concentré, qui favorise la mastication et la production de salive,

essentielles pour une bonne digestion. En revanche, lorsque le concentré est sous forme de granulés, il devient essentiel d'ajouter un fourrage supplémentaire pour stimuler la rumination. Ce type de ration facilite la distribution de l'alimentation tous en utilisant l'ensilage comme fourrage de base, offrant ainsi la possibilité d'une transition rapide vers une ration classique lorsque cette solution est adoptée de manière temporaire (Trommenschlager et Thenard, 2002).

La ration semi-complète pourrait représenter une solution efficace pour optimiser les coûts alimentaires. En effet, Ce mode de distribution permet de surmonter les limitations de la ration complète en ajoutant des concentrés supplémentaires pour les vaches à haute production, afin d'éviter la sur-alimentation des vaches moins productives. En d'autres termes, cette ration peut être distribuée à des troupeaux hétérogènes, présentant des niveaux de production différents (Fischer *et al.*, 2022).

4. L'aliment mash

Le mash est un mélange de matières premières visuellement identifiables, qui peut inclure une quantité importante des fourrages grossiers telles que la paille, le foin et la luzerne, ainsi que des céréales transformées sous diverses formes (aplatis, floconnées etc). Il peut également contenir des noyaux granulés riches en protéines et en énergie, de la mélasse, de CMV, ainsi que des additifs mélangés. Le mash a été développé en réponse à la crise de la vache folle des années 90, qui a érodé la confiance des éleveurs (Michel *et al.*, 2021). Il répond à la nécessité de garantir la visibilité des matières premières utilisées pour nourrir le bétail, tout en offrant une plus grande transparence sur les informations d'étiquetage.

Ces concepts d'alimentation, adaptés aux pratiques d'élevage bovin en hors sol, peuvent répondre aux besoins des éleveurs à certaines périodes de l'année, notamment lors de pénuries fourragères (Legarto *et al.*, 2004). Les aliments mash présentent de nombreuses caractéristiques qui en font un choix prisé pour l'alimentation animale. Ils assurent une distribution homogène des nutriments, tandis que leur texture fine facilite l'ingestion. En outre, les aliments mash contribuent à réduire les déchets alimentaires et à améliorer la digestibilité. Leur facilité de stockage et de manipulation les rend également particulièrement adaptés à l'alimentation en groupe.

Les avantages potentiels de l'alimentation des vaches avec une Ration totale mélangée (RTM) incluent les éléments suivants (Schingoethe, 2017 ; Amaral-Phillips *et al.*, 2002 ; Weinberg *et al.*, 2011):

- Diminution des besoins en main-d'œuvre : L'adoption de la RTM réduit le temps consacré à l'alimentation des vaches, permettant ainsi de réorienter ce temps vers d'autres tâches.

- Amélioration de l'efficacité alimentaire : Chaque bouchée de cet aliment ingéré par la vache contient la quantité adéquate d'ingrédients nécessaires, créant ainsi un environnement plus stable et optimal pour les microbes du rumen, tout en fournissant une quantité suffisante de glucides et d'azote.

- Contrôle nutritionnel précis : La RTM permet une formulation et une alimentation plus précise, garantissant qu'une vache ne consomme pas excessivement ou insuffisamment de fourrage ou de concentré par rapport à la ration prévue.

- Optimisation de la production laitière en quantité et en qualité : La RTM favorise une augmentation de la productivité et permet d'obtenir un lait plus riche en graisses et en protéines

- Diminution des coûts d'alimentation : La composante en fourrage grossier de cette RTM est constituée principalement de résidus de récolte qui sont disponibles en abondance localement. Les agriculteurs peuvent également intégrer des aliments qu'ils n'avaient pas la possibilité de donner facilement auparavant, tout en utilisant une plus grande variété de sous-produits alimentaires.

- La RTM peut masquer la saveur des aliments moins savoureux. Les aliments tels que l'urée, le calcaire, les graisses et certaines sources de protéines de contournement peuvent être moins appétissants.

- La santé des vaches et leurs performances reproductives s'améliorent : tous les aliments sont consommés dans les mêmes proportions tout au long de la journée, ce qui contribue à prévenir les incidences des troubles digestifs (tels que la réduction de la matière grasse du lait, les problèmes de fourbure et l'acidose ruminale) et augmente la quantité de nourriture que les vaches ingèrent. Les Performances reproductives peut également s'améliorer à mesure que la consommation alimentaire s'améliore et qu'une vache peut connaître une incidence moindre de problèmes de santé.

Néanmoins, la RTM comporte également quelques inconvénients, parmi lesquels (Bargo *et al.*, 2002 ; Birkelo *et al.*, 2004 ; DeVries *et al.*, 2007) :

- Le foin conditionné en balles ou en bottes doit être préalablement haché pour pouvoir être intégré au mélange.

- Les wagons mélangeurs sont coûteux, et l'utilisation de cellules de pesée électroniques est fortement recommandée pour assurer une quantification précise du processus de mélange.

- Il n'est pas économiquement viable d'adopter l'alimentation RTM pour les petits troupeaux, et l'utilisation des RTM est moins pertinente dans les systèmes de pâturage.

- Des précautions doivent être prises lors de la formulation et du mélange de la ration. Si l'alimentation n'est pas correctement équilibrée ou mélangée, la vache souffrira d'une performance réduite.

- Le système RTM est principalement conçu pour des groupes de vaches plutôt que pour le suivi individuel. Dans un contexte d'alimentation collective, il devient difficile d'ajuster le régime alimentaire d'une vache spécifique pour traiter une maladie ou améliorer sa condition corporelle, par exemple.

5. Caractéristiques Constitutionnelles de la RTM

Le développement des rations complètes mélangées pour les vaches laitières a favorisé l'intégration d'un nombre croissant d'ingrédients, permettant d'élaborer des rations de plus en plus diversifiées. Ces rations intègrent généralement un ensilage de maïs, riche en énergie grâce à sa teneur élevée en amidon, complétés par des fourrages sources de fibres comme le foin, la paille ou la luzerne pour soutenir la bonne rumination (Schingoethe *et al.*, 2017).

En complément, des concentrés énergétiques, tels que les céréales (maïs, orge, blé) ou des sous-produits riches en glucides (mélasses, pulpes de betterave), ainsi qu'un correcteur azoté comme les tourteaux (soja, colza) ou parfois de l'urée, sont ajoutés pour satisfaire les besoins en protéines des micro-organismes du rumen et de la vache elle-même (Singh *et al.*, 2022). Le concentré est généralement présenté sous forme de granulés, mais il peut parfois être proposé sous forme de mash (Collas, 2008).

Les RTM peuvent également intégrer des co-produits industriels, comme les drêches de brasserie, le gluten de maïs ou les tourteaux issus de la transformation agroalimentaire, en fonction des disponibilités locales ou des coûts des matières premières (Butler *et al.*, 2011). Un complément minéral et vitaminé est systématiquement ajouté pour couvrir les besoins en calcium, phosphore, magnésium, oligo-éléments et vitamines, nécessaires pour la santé, la fertilité et la production laitière des vaches (Cuvelier et Dufrasne, 2005).

Enfin, une substance tampon, telle que le bicarbonate de sodium ou l'oxyde de magnésium, est souvent ajoutée à raison de 1 % de la MS pour stabiliser le pH du rumen et prévenir l'acidose, notamment dans les rations riches en amidon ((Sauvant *et al.*, 2006 ; Lettat *et al.*, 2012). En effet, l'incorporation de ce tampon peut entraîner une augmentation notable de la MSI, du pH du rumen, du rapport acétate/propionate dans le jus de rumen, ainsi qu'une meilleure digestibilité de la fraction ligno-cellulose (ADF) et un taux plus élevé de matière grasse dans le lait (Meschy *et al.*, 2004).

L'humidité des aliments joue un rôle clé dans le bon déroulement de la rumination et de la digestion (Nejad *et al.*, 2014). L'ajout de l'eau aux RTM est reconnu comme une pratique efficace pour limiter le tri des aliments par les animaux (Shaver, 2002). Une réduction de la concentration en matière sèche des RTM (de 80 à 64 %) par l'ajout d'eau, a été associée à une diminution du tri des aliments, une consommation accrue des NDF, ainsi qu'à une augmentation du taux de matière grasse dans le lait (Leonardi *et al.*, 2005). Toutefois, les RTM à humidité plus élevée présentent une moindre stabilité et un risque accru de détérioration, particulièrement lors de températures ambiantes élevées (Felton et DeVries, 2010). En outre, ces rations sont souvent associées à une diminution de la consommation alimentaire, un phénomène en partie attribuable à leur effet de remplissage accru et à la détérioration des aliments dans la mangeoire (Miller-Cushon et DeVries, 2009).

6. Caractéristiques nutritionnelles de la RTM

6.1 Les fibres

Les principales sources de fibres utilisées dans l'alimentation des ruminants comprennent la luzerne déshydratée, le son de blé et les coques de soja et les pulpes (Collas, 2008). Le choix de ces matières premières peut être adapté selon les ressources locales disponibles. En règle générale, ces matières premières représentent plus de 60

% de la composition de la ration alimentaire (Figure 9). De plus, pour prévenir le risque d'acidose ruminale (Tableau 6), il est essentiel que la teneur en NDF dans la ration dépasse les 30 % (Sauvant et Peyraud, 2010). Bien que toutes ces matières premières présentent des teneurs élevées en fibres, elles varient considérablement par la qualité de leurs fibres, notamment en ce qui concerne leur teneur en lignine (ADL), un facteur influençant la digestibilité des fibres. En effet, la lignine entrave la dégradation des glucides contenus dans les parois cellulaires des plantes. En raison de leur taux d'incorporation élevé, ces matières premières riches en glucides pariétaux représentent également les principales sources d'énergie des aliments concentrés (INRA, 2018).

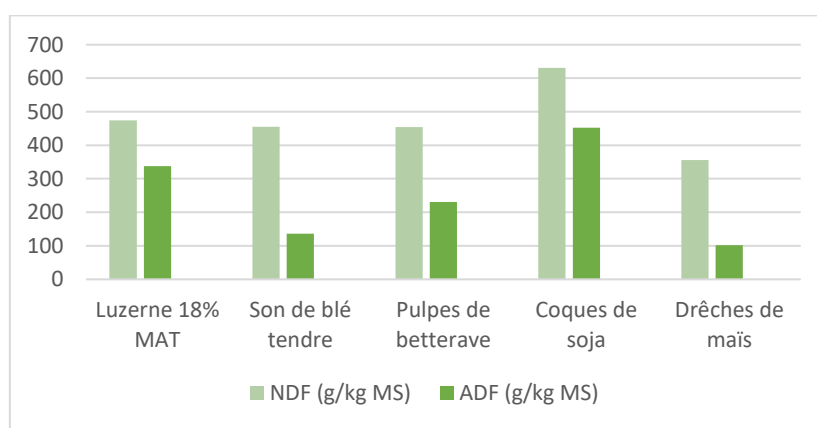


Figure 9: Teneur en fibres des matières premières utilisées dans les concentrés des rations totales mélangées (d'après Baumont et al., 2007)

6.2 Les Sucres solubles et l'amidon

La matière organique non fibreuse peut accroître le risque d'acidose ruminale (Tableau 6). Lorsque les rations sont riches en composés organiques facilement fermentescibles, tels que les sucres solubles, les pectines, et l'amidon rapidement digestible dans le rumen (Peyraud, 2000 ; Giger-Reverdin et Sauvant, 2001). Par exemple, l'orge et le blé, qui contiennent un amidon rapidement dégradable, sont plus acidogènes que le maïs ou le sorgho, qui possèdent un amidon à dégradation plus lente. En général, il est recommandé que la proportion de ces matières premières dans la ration reste inférieure à 15 %, voire 10 % pour le blé (Peyraud et Apper-Bossard, 2006), et que la quantité d'amidon ne dépasse pas 25 % (Sauvant et Peyraud, 2010).

Les principales sources de glucides solubles sont la pulpe de betterave, qui est couramment utilisée à la fois pour sa cellulose digestible et ses sucres solubles, ainsi

que la mélasse, qui est ajoutée pour préserver l'intégrité des granulés et améliorer l'appétence. La mélasse contribue également à l'équilibre énergétique de la ration, en particulier au début de la lactation, et aide à prévenir les troubles métaboliques durant cette phase critique (INRA, 2018).

Tableau 6: Valeurs recommandées pour les principaux paramètres associés à l'acidose ruminale (D'après Sauvant et Peyraud, 2010)

	Pas de risque	Risque faible	Risque fort
Amidon dégradable dans le rumen (g/kg MS)	200	250	> 250
Concentré (% MS)	40	50	> 50
NDF fourrage (g/kg MS)	300	250	< 250
NDF total (g/kgMS)	350	300	< 300
Indice de mastication (min/kg MS)	45	40	< 40

6.3 Les Lipides

Les rations des ruminants présentent généralement une teneur limitée en lipides (2 à 3 %) et en acides gras (AG). Grâce à leur haute densité énergétique, ces lipides aident à compenser les faibles valeurs UF des matières premières riches en fibres utilisées en grande quantité. Toutefois, une augmentation de la teneur en matières grasses dans la ration, jusqu'à 10 %, peut entraîner une diminution de la matière sèche ingérée (MSI) comprise entre 9 et 13 % (INRA, 2018).

Chez les vaches laitières, la matière sèche ingérée (MSI) diminue davantage avec l'apport d'huiles végétales qu'avec celui de graisses animales ou de graines. Cela s'explique par le profil plus insaturé des acides gras (AG) des huiles végétales, comparé aux graisses animales, ainsi qu'à leur disponibilité ruminale plus élevée par rapport aux graines. Par ailleurs, un excès de lipides dans la ration peut rendre les granulés plus friables, ce qui compromet leur conservation (Faverdin *et al.*, 2007).

6.4 Les matières azotées

Les sources de matières azotées dans la ration des ruminants incluent des protéines végétales comme le soja, le colza, le tournesol et le lupin, ainsi que des protéines animales comme les farines de poisson ou le lactosérum, bien que leur

utilisation soit limitée par des réglementations dans certaines régions (Rémésy, 2005). Les matières azotées non protéiques, telles que l'urée fournissent de l'azote aux microorganismes du rumen pour la synthèse de protéines microbiennes. Une ration équilibrée intègre à la fois des protéines dégradables dans le rumen, qui alimentent les microorganismes, et des protéines non dégradables dans le rumen qui passent directement dans l'intestin (PDI) pour être absorbées, répondant ainsi aux besoins en acides aminés essentiels de l'animal (Enjalbert, 2003).

6.5 Les vitamines et les minéraux

Dans une ration complète, le CMV est intégré dans le concentré. Les quantités fournies dépendent du niveau d'ingestion, ce qui peut entraîner des variations allant du simple au double. Ces différences permettent de couvrir de manière adéquate les besoins nutritionnels, qui sont liés au niveau de production, et sont souvent exprimés en pourcentage des quantités ingérées (les vitamines en UI par kg MSI et les oligo-éléments en mg par kg MSI) (Meschy, 2007). Certaines matières premières, riches en composants structuraux, peuvent également fournir une quantité significative de minéraux. Par exemple, le son de blé est particulièrement riche en phosphore, la luzerne en calcium, et les pulpes de betterave en calcium et potassium (Baumont *et al.*, 2007). Toutefois, la présence élevée de minéraux dans ces matières premières peut, dans certaines situations, limiter la quantité de co-produits pouvant être intégrée dans la ration, en raison de risques de déséquilibre minéral (collas, 2008).

7. Impact de l'alimentation avec des RTM sur les performances animales

7.1 Effets sur l'ingestion

Les animaux nourris avec des RTM ont tendance à consommer plus de matière sèche et de nutriments par rapport à une ration conventionnelle composée de foin et de concentré nourris séparément (Mohammad *et al.*, 2017). Cette amélioration se manifeste par un temps de mastication prolongé et favorise une meilleure digestion, grâce à la forte teneur en fibres des RTM (Haselmann *et al.*, 2019). La texture de la RTM peut améliorer la palatabilité et favoriser une consommation régulière. D'après Singh *et al.* (2022), les RTM favorisent une meilleure utilisation des fourrages et des concentrés, ce qui améliore l'efficacité alimentaire de 4%.

7.2 Effets sur la production laitière

Plusieurs études ont montré que l'utilisation de rations complètes pour les vaches laitières est liée à une augmentation significative de la production laitière (Brunschwing, 2008 ; Moujahed *et al.*, 2009 ; Otte *et al.*, 2012). De plus, les vaches présentent moins de problèmes de dépression de la teneur en matière grasse du lait (Schingoethe, 2017). Selon Makkar (2004), la production laitière quotidienne par vache augmente généralement de 0,2 à 1,0 kg, avec une augmentation simultanée de la teneur en matière grasse du lait de 0,2 à 0,6 %. En revanche, L'alimentation séparée entraîne une réduction de la proportion de fourrage grossier consommé (Tableau 7), ce qui constitue la principale cause de la faible teneur en matière grasse du lait (Mohammad *et al.*, 2017).

Tableau 7: Impact des trois stratégies alimentaires sur la production et la composition du lait (D'après Moujahed et al., 2009)

	Stratégies Alimentaire		
Production laitière	Ration Séparée	Ration semi-complète	Ration complète
PL totale (kg)	2852,3	3214,8	2954,8
PL moyenne (kg/Vl/j)	27	31,4	28,6
Taux butyreux (g/kg)	32,3	32,5	31,2
Taux Protéique (g/kg)	31,3	30,2	29,9

7.3 Effets sur les performances de reproduction

La performance reproductive est un déterminant important de l'efficacité du troupeau laitier, un intervalle de vêlage optimisé augmentant la production de lait, les performances reproductives ultérieures et la rentabilité des exploitations agricoles (Middleton *et al.*, 2019). Ces performances sont étroitement liées au statut nutritionnel et métabolique des animaux. Les recherches précédentes ont mis en évidence les composants clés de la RTM susceptibles d'affecter la reproduction, telles que les régimes acidogènes (Santos *et al.*, 2019), la supplémentation en acides gras spécifiques (Rodney *et al.*, 2015) ainsi que le bilan énergétique négatif et les variations de l'état corporel (BCS) pendant la période de transition et le début de la lactation, qui affectent significativement la fertilité lors de la première insémination (Carvalho *et al.*, 2014). D'autre part, les régimes riches en amidon conduisaient à une augmentation de

l'insuline, ce qui est associé à une réduction de la fécondation des ovocytes et à une augmentation de risque de la dégénérescence embryonnaire, contribuant ainsi à l'infertilité (Bender *et al.*, 2014). Un excès d'amidon diminue également la capacité d'ingestion (Albornoz et Allen, 2018), accroît le risque d'acidose ruminale et active les gènes liés à l'inflammation (Khorrami *et al.*, 2021 ; Albornoz *et al.*, 2020). Par ailleurs, selon Consentini *et al.* (2023), une augmentation de la teneur en NDF et en matières grasses dans la RTM est positivement corrélée au % de gestation lors de la première insémination.

7.4 Effets sur la santé

Il est bien établi que l'alimentation par RTM réduit les risques de troubles métaboliques et favorise un environnement ruminal plus stable (Tafaj *et al.*, 2007 ; Leiber *et al.*, 2015). En effet, l'optimisation de la fermentation ruminale améliore la digestion des fibres alimentaires et la synthèse des protéines microbiennes, processus essentiel pour satisfaire les besoins en protéines et en énergie des animaux (Li *et al.*, 2003 ; Makkar, 2004). Ainsi, Amaral-Phillips *et al.* (2002) ont souligné que la RTM contribue à prévenir les affections podales. Par ailleurs, une ration RTM équilibrée fournit les minéraux essentiels au bon fonctionnement des protéines structurales, des enzymes et des protéines cellulaires, soutenant ainsi la fonction immunitaire globale. Cela permet également de réduire la charge parasitaire chez les animaux, ce qui a un impact positif sur la croissance, la production laitière et la santé générale (NRC, 2001).

8. Impact de l'alimentation sur la composition du lait

De nombreux facteurs peuvent influencer les performances de vaches laitières. Outre les facteurs environnementaux et génétiques, la nutrition joue également un rôle important dans la détermination de la quantité et de la composition chimique du lait produit. L'urée du lait, le TB et le TP constituent des indicateurs de l'équilibre énergétique et azoté de la ration.

8.1 Effet de la nature de fourrage

Les fourrages favorisent l'augmentation du taux butyreux du lait grâce aux fermentations de cellulose et l'hémicellulose en acétate et butyrate, précurseurs de la fabrication de la matière grasse du lait. Même si les fourrages contiennent des niveaux relativement faibles en AG (1 à 3 %), ils sont riches en acide linoléique et présentent

la principale source d'AG insaturés dans l'alimentation des ruminants (Scollan *et al.*, 2014).

Les rations alimentaires à base d'herbe, pâturée ou conservée modifient le profil des taux butyreux. Le lait des vaches nourries avec du fourrage verts notamment les prairies riches en espèces ou légumineuses fourragères, a une teneur plus élevée en acides gras bénéfiques sur le plan nutritionnel (tels que l'CLA et l'acide vaccénique) que le lait des vaches nourries avec de l'ensilage ou du foin (Kalač et Samková, 2010).

Il est connu que le fanage diminue la quantité d'AG et la fraction d'acide linoléique dans le fourrage du fait de l'oxydation de cet AG et de la perte relative de feuilles, qui sont plus riches que les tiges. De plus, le fourrage vert et l'ensilage ont une digestibilité intestinale plus élevée que le foin (Doreau *et al.*, 2005). Toutefois, le lait de vaches nourries au foin peut être plus riche en acide linoléique que lorsqu'elles reçoivent de l'ensilage d'herbe. Ceci s'explique, d'une part, par le fait qu'il y a une importante lipolyse lors du processus de fermentation de l'ensilage, et d'autre part, l'hydrogénation ruminale est plus faible avec le foin qu'avec l'herbe (Chilliard *et al.*, 2008).

8.2 Effet de la fibrosité de la ration

Un indicateur important de la valeur hygiénique d'un aliment est sa fibrosité, qui est considérée comme un paramètre de lutte contre les troubles de la fermentation du rumen et qui doit être pris en compte au même titre que la couverture des besoins. Pour cela, il est nécessaire de fournir une quantité suffisante de fourrage pour assurer un bon fonctionnement ruminal (Boddugari *et al.*, 2001).

Des études ont montré une corrélation positive entre le taux butyreux et l'indice de fibrosité d'une ration qui est influencée par la finesse de hachage des fourrages. D'une manière générale, la réduction de la structure physique de l'aliment comme dans les régimes riches en aliments concentrés, réduit le temps de mastication et de rumination, la motricité ruminale et la sécrétion salivaire. Cela conduit à l'accroissement des risques de pathologie digestive et réduit la teneur en matière grasse du lait. (Sauvant *et al.*, 1990).

8.3 Effet de la proportion de concentrés

Afin de répondre à la demande croissante liée à une production laitière importante, il est essentiel de fournir une ration plus énergétique, ce qui implique la distribution d'une grande quantité d'aliments concentrés, ainsi qu'une réduction de la proportion de dans la ration ou leur hachage finement pour accroître l'ingestion. De ce fait, le rumen reçoit une quantité croissante de matière organique rapidement fermentescible et la fermentation s'oriente vers la synthèse d'acide propionique, exposant l'animal au risque de d'acidose (Martin, 2002).

Le rapport fourrages/concentrés a un impact significatif sur la teneur en matière grasse du lait. À mesure que la proportion d'aliments concentrés dans l'alimentation augmente, la teneur en acide butyrique (TB) du lait diminue. Cependant, le taux butyrique ne diminue de manière significative qu'à des proportions très élevées d'aliments concentrés (plus de 40 % à 65 % de la matière sèche totale) (Chilliard *et al.*, 2008). Cette diminution peut varier selon La nature de l'aliment complémentaire utilisé. Elle sera plus sensible avec les régimes pauvres en fibres et riches en céréales notamment le blé, l'orge et l'avoine, dont l'amidon est rapidement décomposé par la microflore du rumen et se traduit par des quantités importantes de propionate, ce qui affecte négativement le TB. Néanmoins, la dégradabilité de l'amidon de maïs est plus lente (Chilliard *et al.*, 2001).

À l'inverse, les aliments riches en sucres solubles comme les betteraves et la mélasse favorisent la production ruminale d'acide butyrique, ce qui est avantageux pour les niveaux élevés de TB du lait. Du fait de l'augmentation des apports énergétiques le taux protéique est alors généralement amélioré (Hoden et Coulon, 1991).

Lorsque le bilan énergétique est positif, le TB a tendance à diminuer du fait de l'arrêt de la mobilisation des réserves corporelles. Évidemment, un déficit énergétique entraîne une diminution de la production laitière, du TP et une augmentation du TB. C'est la situation fréquemment observée chez une vache en début de lactation, au cours de laquelle les réserves graisseuses corporelles sont intensivement mobilisées et peuvent provoquer des problèmes de cétose (Xu *et al.*, 2020). De ce fait, produire un niveau anormalement élevé de matières grasses n'est pas économiquement faisable, car il indique que la production totale de lait est faible (Bailey *et al.*, 2005).

Par conséquent, la chute du taux butyreux est causée par tous les facteurs alimentaires susceptibles de provoquer une acidose (excès de concentrés, manque de fibrosité, défaut de transition alimentaire) (Cuvelier et Dufrasne, 2005). De plus, cette chute peut être atténuée dans les 7 à 21 jours en modifiant le régime alimentaire de la vache. Les modifications des protéines du lait peuvent prendre de 3 à 6 semaines ou plus longtemps si le problème dure depuis longtemps (Grainger et Goddard, 2007).

8.4 Effet de la supplémentation lipidique

L'incorporation de lipides dans la ration a été utilisée pour modifier les performances et le métabolisme énergétique des vaches laitières ainsi que la composition du lait en matière grasse dans le but d'améliorer sa qualité nutritionnelle. Aujourd'hui, il a été démontré que les acides gras polyinsaturés oméga-3 ont des effets potentiellement bénéfiques sur la santé humaine (Sauvant et Schmidely, 2008). Le TB du lait varie en fonction du type de lipides alimentaires, de leur forme de présentation et de la quantité distribuée (Brunschiwig *et al.*, 2010).

Lorsque l'on compare différents types de lipides, le TB est plus élevé avec ceux qui sont déficients en acides gras polyinsaturés (huile de palme) qu'avec ceux qui en sont riches (huile de lin). Il est largement admis que la distribution des lipides sous forme de grains réduit l'hydrogénation ruminale plutôt que l'huile, puisque l'enveloppe des grains limite l'accès des microorganismes aux lipides. Pour cette raison, l'ajout de graines de soja augmente considérablement la teneur en matières grasses du lait par rapport à l'ajout d'huile (Chilliard *et al.*, 2007).

Les aliments les plus pauvres en acides gras (<3%), tels que le foin et l'ensilage d'herbe sont associés à des niveaux plus élevés de taux butyreux. Lorsque la proportion de matières grasses dans la ration est supérieure à 6 % de la MS totale, tout apport supplémentaire est toxique pour les microorganismes du rumen et peut diminuer la digestibilité des fibres et la glycémie, ce qui réduit le TB et le TP du lait (Araba, 2006 ; Gabriella *et al.*, 2005).

L'ajout de lipides aux régimes alimentaires se traduit presque toujours par une diminution du taux protéique et plus particulièrement en caséines du lait. Cet effet est dû à la dilution des protéines dans une grande quantité de lait. Cependant, il est moins perceptible en début de lactation, lorsque l'effet positif sur la production laitière est moins important qu'en milieu de lactation (Doreau et Chilliard, 1992).

Les pratiques d'alimentation et d'élevage des animaux affectent certaines composantes organoleptiques du lait. Par exemple, les animaux élevés au pâturage produisent un lait plus riche en bêta-carotène, en vitamines A et E, donc plus coloré. Du fait de leur richesse relative en AG insaturés, les laits de pâturage ont un point de fusion plus faible de la matière grasse (Ferlay *et al.*, 2002). La supplémentation en matières grasses dans la ration modifie la qualité organoleptique du lait en augmentant la teneur en acide linoléique, ce qui entraîne une tendance à l'oxydation, à l'altération du goût et de la durée de conservation des produits laitier et à la décoloration des fromages. Ainsi, l'accroissement de la quantité d'acides gras libres dans le lait provoque le rancissement du lait via l'augmentation de l'activité de la lipolyse (Chilliard et Ferlay, 2004).

8.5 Effet de l'apport en protéines

Le principal facteur influençant le taux protéique est l'apport énergétique de la ration qui doit être suffisant pour permettre la protéosynthèse. En réponse à un déficit énergétique, les acides aminés sont détournés vers la voie de la néoglucogenèse au détriment de la protéosynthèse car l'acide propionique produit par la dégradation de l'amidon est incapable de couvrir les besoins en glucose de l'organisme. Il en résulte une diminution de la TP du lait (Dufrasne *et al.*, 2010)

Un apport excessif en protéines n'augmente pas le TP du lait, car l'efficacité de l'azote sera réduite et la majorité des protéines supplémentaires seront excrétées (Tyasi *et al.*, 2015). Cependant, un excès en protéines dégradables dans le rumen entraîne une augmentation de la teneur en urée du sang, ce qui peut affecter négativement la fécondité et l'incidence des mammites (Rajala-Schultz *et al.*, 2001). De ce fait la concentration en urée du lait (10 à 14 mg/dl) constitue un indicateur de l'équilibre énergie/azote de la ration (Ishler *et al.*, 2008).

Il est essentiel de tenir compte non seulement des besoins en azote des vaches laitières, mais également de leurs besoins en AA limitant, car leurs carences peuvent entraîner une baisse du taux protéique du lait. De plus, l'amélioration du profil des acides aminés limitant, notamment la méthionine et la lysine, permet d'augmenter la teneur en protéines et en caséine du lait. Par exemple, l'ensilage de maïs, le tourteau de soja et les céréales sont fréquemment liés à un manque de méthionine et de lysine (Cuvelier et Dufrasne, 2005).

L'accroissement de la production laitière s'accompagne généralement d'une augmentation du potentiel d'ingestion alimentaire, ces vaches à haut rendement ont une capacité croissante à mobiliser leurs tissus corporels et à libérer de l'énergie pour la production de lait en début de la lactation. La quantité d'AG libérée par le tissu adipeux peut dépasser 2 kg par jour. Elle varie en fonction du potentiel de production et l'état d'engraissement des vaches. (Bernard *et al.*, 2006).

PARTIE EXPERIMENTALE

PROBLEMATIQUE ET DEMARCHE METHODOLOGIQUE

1. Problématique de recherche

L'élevage bovin laitier en Algérie joue un rôle important dans l'économie agricole algérienne du fait de la diversité des fonctions de production et de la protection qu'il peut apporter contre les aléas bioclimatiques et socio-économiques. Il contribue également à la couverture partielle des besoins nationaux en protéines animales (Mouffok, 2007). Il se caractérise par des systèmes de production largement extensifs et demeure concentré dans les régions Nord du pays où se situent environ 80% de l'effectif bovin localisé principalement dans la région de l'Est (59%) avec une population locale qui représente environ 78% du cheptel total (Nedjraoui, 2003). Ce phénomène de concentration est fortement lié à la pluviométrie et la répartition de superficies fourragères au niveau du territoire national (Temmar, 2005).

Même c'est le cheptel bovin ait augmenté de 28 % entre 2009 et 2015 en raison de l'importation de génisses pleines à haut potentiel génétique et l'amélioration progressive des techniques de production. Il reste faible avec moins de 2 millions têtes, dont 60% sont des vaches laitières (Bouhamida, 2014). Cependant, en raison des conditions climatiques l'extension de l'élevage bovin vers le sud du pays a été limitée à environ 5% du total (Senoussi *et al.*, 2010). En revanche, l'élevage ovin prédomine avec un effectif de 30,9 millions de têtes, tandis que l'élevage caprin arrive en deuxième position et représente 4,9 millions têtes (MADR, 2020).

La quasi-totalité de la production ovine, caprine et cameline est destinée à l'autoconsommation (Bekhouche, 2011). La production nationale est essentiellement assurée par le cheptel bovin, et seul un tiers de cette production est valorisé sur le circuit industrie (Meribai *et al.*, 2016). Malgré les efforts adopter par les pouvoirs publics en (2000-2006) dans le cadre du Plan National du Développement de l'Agriculture « PNDA » ainsi que le programme du renouveau agricole et rural « PRAR » (2006-2014), à travers divers programmes de développement agricole pour encourager l'élevage, promouvoir la production laitière locale et élargir la collecte de lait cru (Djermoun et Chehat, 2010 ; Chedded, 2015). L'industrie laitières est toujours dans une phase critique, avec une production locale insuffisante, aggravée par une consommation élevée de lait estimée entre 140 et 150 litres par habitant et par an, qui classe l'Algérie

comme un pays de forte consommation de lait par rapport aux 83 litres de la Tunisie et 64 litres du Maroc (Merdaci *et al.*, 2018).

Le secteur laitier reste déstructuré avec un taux de collecte et d'intégration du lait cru très marginale et une augmentation des prix des intrants d'élevage dans les marchés (Kacimi-El Hassani, 2013) ; il ne fonctionne qu'avec du lait en poudre importé et dépend fortement de sa transformation. En effet, les laiteries montrent un manque d'intérêt pour la transformation du lait cru puisque cette alternative est considérée comme économiquement non rentable et elles sont beaucoup plus intéressées par l'utilisation de lait en poudre, qui génère des profits plus élevés, renforçant la compétitivité des produits importés. (Djermoun et Chehat, 2012).

Plusieurs travaux de recherche ont montré que la production laitière annuelle moyenne par vache, même avec des races à haut potentiel génétique, ne dépasse pas 2500 à 3000 kg (Madani et Mouffok, 2008 ; Rekhis *et al.*, 2007). La faible productivité des exploitations laitières est due à une combinaison de plusieurs facteurs socio-économiques, agro-climatiques et sanitaires (Benyoucef, 2005). Les caractéristiques climatiques en Algérie induisent des effets marqués sur la durabilité de l'élevage laitier intensif, en raison des saisons de sécheresse fréquentes, qui affectent également les zones irriguées (Sraïri et Ilham, 2000). Les volumes d'eau dans les barrages ne sont pas suffisants pour répondre à la forte demande des différentes cultures, en particulier en été, ce qui entrave le développement des cultures fourragères et par conséquent, la production laitière pendant la période sèche chute souvent de manière significative.

L'écart entre les besoins du cheptel et les disponibilités fourragères à l'échelle nationale ne cesse de s'accroître et permet de constater l'existence d'un énorme déficit avoisinant les 4,57 milliards d'UFL/an. Dans la région semi-aride de Sétif où les contraintes agro-bioclimatiques sont fortes, l'autonomie alimentaire globale des exploitations laitières n'est que de 30,3% pour la MS ce qui demeure faible du fait d'une augmentation importante de l'effectif bovins qui accélérant la dégradation des parcours, et de la forte dépendance de la production fourragère aux conditions climatiques, entraînant d'importantes fluctuations interannuelles (Bir, 2019).

Les cultures fourragères en Algérie sont estimées à environ 797.000 Hectares et demeurent insuffisantes pour les besoins du cheptel, elles ne représentent que 9.5 % de

la surface agricole utile (Bencherchali *et al.*, 2021). Les ressources fourragères, sont assurées principalement par les parcours, les jachères, les pailles et chaumes des céréales et le foin grossier de la culture des associations (Abdelguerfi, 1987). La diversité des espèces est très limitée et les principales cultures sont la vesce avoine, l'orge et l'avoine destinée à la production de foin (Abdelguerfi *et al.*, 2008). L'une des caractéristiques des systèmes fourragers de notre pays, est l'absence totale de la prairie artificielle à base de graminées ou graminées et légumineuses (Hammadache, 2001). Suite à cette situation de carence en fourrages, combinée à l'absence de rationnement, les éleveurs sont obligés de nourrir leur cheptel avec des fourrages de mauvaise qualité et d'utiliser des aliments concentrés (aliments industriels, orge, maïs, tourteau de soja et son de blé) de manière abusive et sans prise en compte les particularités physiologiques des vaches ce qui affecte négativement la productivité, augmente les coûts de production et accroître le risque de troubles métaboliques (Bir, 2019; Kadi *et al.*, 2007).

Dans les élevages bovins laitiers en Algérie, l'alimentation est le facteur le plus limitatif de la productivité des vaches laitières et représente la partie la plus importante des charges opérationnelles de la production animale, les systèmes d'alimentation des bovins laitiers souffrent de limitations aiguës et des rations alimentaires déséquilibrées, et se caractérisent par une utilisation excessive des foin secs et du concentré au détriment des fourrages verts. Les agriculteurs ne connaissent pas bien les techniques de complémentation des rations alimentaires et ils ont même souvent ignoré les exigences du bétail. Il existe souvent une concurrence importante pour les ressources alimentaires entre les vaches en lactation et les veaux en croissance. Il est évident que la gestion de l'alimentation dans les exploitations laitières en Algérie n'est pas basée sur des acquis scientifiques, contribuant à des performances relativement faibles des vaches ainsi qu'à des pertes financières importantes. La rentabilité de l'élevage laitier est conditionnée par la maîtrise du coût de l'alimentation par kilogramme de lait et la pleine expression du potentiel génétique.

L'utilisation de ressources hors exploitation peut entraver de manière significative la rentabilité économique de l'activité laitière (Rejeb Gharbi *et al.*, 2007) en raison de la cherté des prix des aliments pour animaux et de la stagnation des prix du lait. Les fourrages étant insuffisants en quantité et en qualité, la production laitière est majoritairement assurée par le concentré lequel couvre même une partie des besoins

d'entretien de la vache (Bouzida, 2010). Les rations de base distribuées dans les exploitations sont pauvres. Les fourrages classiques à base d'orge et de vesce avoine ont généralement une faible valeur nutritionnelle, ils sont pauvres en protéine, riches en cellulose, difficiles à digérer et encombrant le rumen (Ghozlane *et al.*, 2009). Ces caractéristiques des systèmes d'alimentation impliquent également des échecs de reproduction fréquents, ce qui contribue à altérer la rentabilité globale des exploitations (Sraïri et El Khattabi, 2001 ; Madani *et al.*, 2002). Dans ce contexte, la connaissance des systèmes alimentaires actuels et des contraintes qui limitent la production laitière, est une condition préalable et nécessaire à l'efficacité des interventions visant à améliorer la production laitière (Dassou *et al.*, 2017).

En effet une meilleure maîtrise des systèmes fourragers tels que les techniques de conservation et diversification des fourrages, augmente non seulement les rendements mais aussi la valeur nutritionnelle des espèces cultivées (Abdelguerfi *et al.*, 2007). De cette façon, les agriculteurs doivent s'orienter vers une meilleure production agricole pour fournir un fourrage d'excellente qualité. Il avait besoin d'une formation adéquate sur les pratiques agricoles, la méthodologie technique et les stratégies de rationnement pour mettre à jour leurs connaissances et proposer des solutions aux problèmes liés à la profession.

Lors de la présente étude, se sont posées plusieurs questions méritent d'être soulevées :

- Quels sont les stratégies d'alimentations appliquées dans les exploitations et la relation entre ces systèmes et la production laitière du troupeau ?
- Comment sont valorisées les biomasses produites dans l'exploitation pour assurer une certaine autonomie alimentaire et quelles sont les stratégies d'adaptation mises en place par les éleveurs sur les systèmes d'alimentation ?
- Quelles approches de rationnement doivent être suivies pour améliorer et maintenir la productivité laitière ? Et quelle pourrait être la rentabilité économique de ces méthodes ?

2. Matériel et méthodes

2.1 Présentation de la zone d'étude

2.1.1 Situation géographique

En Algérie, 70 % du cheptel bovin est concentré dans la zone semi-aride, qui couvre 69 % de la surface agricole utile du pays et contribue à 76 % de la production céréalière nationale. Cette région se distingue par son homogénéité sur le plan agro-climatique (Semara, 2021). La wilaya de Sétif est située dans les hautes plaines céréalières de l'Est algériens avec une altitude de 1080 m au-dessus du niveau de la mer. Elle se trouve à 300 Km à l'Est de la capitale et occupe une superficie de 6504 Km², soit 0,27 % de la superficie totale du pays. Dotée d'un important potentiel agricole, tant naturel que structurel, la région de Sétif se caractérise par une forte prédominance de la céréaliculture et de l'élevage bovin, représentant 7,83 % du cheptel national (MADR, 2020).

2.1.2 Climat

La wilaya de Sétif présente un climat méditerranéen continental semi-aride, avec un hiver froid et humide et un été chaud et sec. La saison d'automne est relativement peu marquée. Cette région se caractérise également par la longueur de la période gelée et la présence du sirocco durant la saison estivale.

Tableau 7 : Paramètres statistiques des précipitations mensuelles à Sétif (1970–2021)

Mois	1970–2000				2000–2021			
	Moy	Min	Max	SD	Moy	Min	Max	SD
Janvier	39	2	133	33	42	7	131	32
Février	37	6	105	25	33	0	96	23
Mars	44	5	163	33	40	0	101	28
Avril	37	8	81	22	51	2	93	30
Mai	41	2	102	31	40	3	81	25
Juin	22	0	62	16	22	0	59	18
Juillet	8	0	38	10	10	0	38	11
Août	12	0	38	12	20	0	104	23
Septembre	34	0	120	29	36	5	111	29
Octobre	32	0	104	24	29	1	64	21
Novembre	32	0	102	22	36	9	90	23
Décembre	45	1	133	31	35	0	90	29

Le régime pluviométrique de Sétif (1970–2021) est fortement saisonnier, avec des pluies maximales en hiver (novembre–mars : 32–44 mm) et très faibles en été, surtout en juillet et août. Le printemps présente des valeurs modérées (37–41 mm). On observe une forte variabilité, avec des minima proches de 0 mm et des maxima dépassant 160 mm, traduisant une irrégularité des précipitations (ONM Sétif, 2022).

La température moyenne annuelle varie de 4° en hiver à plus 40° en été durant les mois du Juillet et d’Août. L’humidité relative de l’air atteint son maximum en décembre (79,78%), tandis que le minimum est enregistré en juillet (9,57%) (Missaoui, 2014).

La plus grande quantité de précipitations de l'année tombe pendant l'hiver en raison des vents du nord-ouest. La vitesse mensuelle moyenne du vent est de 2,9m/s avec un maximum de 3.4m/s en avril et un minimum de 2,4 m/s rencontré en octobre. Ainsi En été, le sirocco remonte du sud et fait monter la température dans la wilaya. Les gélifications sont assez courantes à Sétif et peuvent durer jusqu'à cinq mois, allant des mois d'octobre à février Les gelées de fin de saison sont dangereuses pour les cultures végétales, elle réduit la productivité et provoquent la mort des plantes.

2.1.3 Relief et sol

Cette zone est divisée en trois zones agro-écologiques distinctes, basées sur la pente, le climat et le sol (Benniou et Brinis, 2006).

La zone nord est une région montagneuse représentée par la chaîne des Babors où on rencontre des cimes élevées dont la montagne de Babors avec altitude de 2004 m. elle couvre 43,84% de la superficie totale de Sétif avec 34 communes (Zerroug, 2012) et reçoit plus de 700 mm de précipitations chaque année. La zone montagneuse demeure une région de l'arboriculture notamment l'olivier et le figuier. C'est la zone la plus favorable pour l'agriculture sur les terres les moins accidentés, avec une pente inférieure à 12% (Rouabhi *et al.*, 2014). Le sol de cette zone est sombre et profond, avec une grande capacité de rétention d'eau (Figure 10).

La zone des hautes plaines représente environ 23% de la superficie de la wilaya de Sétif et occupe 22 communes, elle reçoit 400 mm de précipitations annuellement (Bendiab et Dekhili, 2011). L’altitude varie entre 900 et 1,200m. Cette région se caractérise principalement par des sols calciques et calcaires dont la qualité varie d'un

endroit à l'autre, Les uns s'amincissent et deviennent caillouteux. C'est la zone de la céréaliculture semi intensive, voire extensive de l'élevage et du maraîchage (Mihi, 2012).

La zone sud couvre 36% de la région de Sétif avec des précipitations inférieures à 300 mm par an. L'altitude dépasse rarement les 900m. Le sol est relativement peu profond, de couleur claire ou rougeâtre et riche en calcaire. Aux abords des chotts et sebkhas, Les sols sont salins. Dans cette zone la flore est généralement pauvre (Zerroug, 2012).

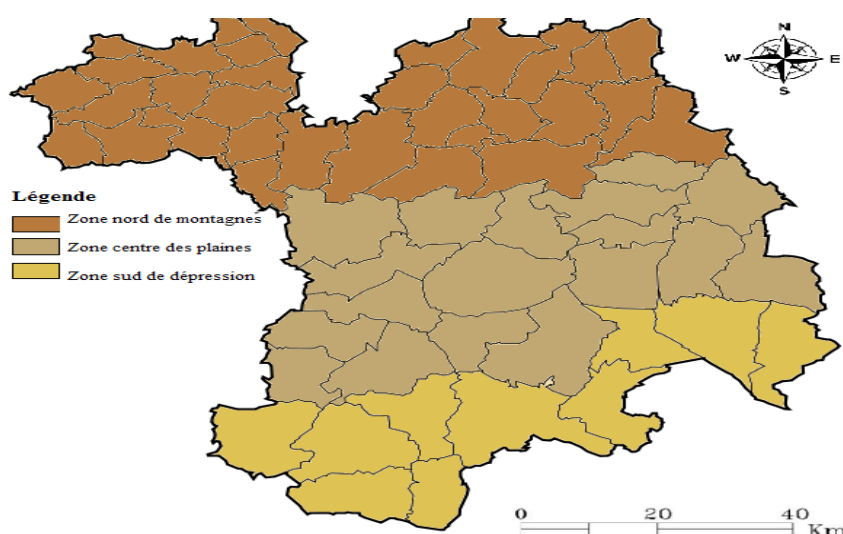


Figure 10: Carte des zones géographiques de la région de Sétif

2.1.4 Ressources hydriques

Les cours d'eau de la région de Sétif sont souvent réguliers (Figure 11). Le principal cours d'eau qui s'écoule du nord vers le sud et le nord-ouest est l'Oued Boussellam qui rejoint la Soummam, de l'Oued Agrioun, de l'Oued el Kebir, bouSelah et de l'Oued Rhumel. Les barrages et autres réservoirs colinaires de la région sont alimentés par ces réseaux d'oueds, tandis que le reste présente une hydrographie endoréique centrée sur les chotts. Les réservoirs des eaux souterraines se caractérisent par un débit médiocre et des nappes profondes qui se trouvent dans le sud (Kaabeche et Mebrak, 2010).



Figure 11: Ressources hydriques de la région de Sétif (DRH. 2006)

2.2 L'agriculture de la région d'étude

La wilaya de Sétif est une région agricole par excellence. Elle a une superficie agricole utilisée (SAU) de 365 285 ha, soit 79,43% de La surface agricole totale (459 846 ha). Les terres improductives ne représentent que 8,93 %, ce qui traduit une grande utilisation agricole. Les prairies naturelles occupent 0,42 % de la SAT, particulièrement le long des cours d'eau (DSA, 2022).

Les parcours se caractérisent par la présence de plantes herbacées naturelles et de plusieurs espèces (Tableau 8). Les pacages sont présents en une seule entité homogène dans la partie nord-ouest de la wilaya et se localisent dans les versants des collines.

Tableau 8: Répartition des terres agricoles dans la wilaya de Sétif (DSA, 2022)

	Superficie (ha)	% par rapport à la SAT
SAU	365 285	79,44
Culture herbacée	218 921	47,61
Terre au repos	108 130	23,51
Prairies naturelles	1 945	0,42
Pacages et parcours	53 476	11,63
Terre improductives	41 084	8,93

SAT : Surface agricole totale ; SAU : surface agricole utile ; ha : hectare.

2.2.1 Production végétale

Les cultures céréalières occupent la plus grande superficie, couvrant 52,29% de la SAU. Suivies des cultures fruitières qui représentent environ 10,17% de la SAU (Tableau 9). Les cultures fourragères occupent une superficie relativement réduite de 18 387 hectares, ce qui ne représente que 5,03% de la SAU.

Tableau 9: Cultures végétales de la région de Sétif (DSA, 2022)

Type de culture	Superficie (ha)	% par rapport à la SAU
Cultures aromatiques	1 985	0,54
Cultures maraichères	7 081	1,94
Cultures céréalières	191 000	52,29
Cultures fourragères	18 387	5,03
Cultures fruitières	37 150	10,17

2.2.2 Production animale

Le développement de la céréaliculture dans la région favorise la croissance de l'élevage ovin, qui occupe la première place avec un effectif de 406 087 têtes, suivi par l'élevage bovin avec un effectif estimé à 139 436 têtes, dont 66 051 sont des vaches laitières (Tableau 10). La structure génétique de ces vaches est variée, avec 34,54% appartenant à la catégorie Bovin Laitier Moderne (BLM) et 65,45% étant des vaches laitières améliorées et locales (BLA, BLL) (DSA, 2022). La wilaya de Sétif continue d'être le leader en matière de production laitière, avec plus de 234 millions de litres, représentant 6,70 % de la production nationale. Cependant, la quantité de lait collectée atteint environ 86 millions de litres, ce qui correspond à un taux de collecte de 36,86 %. Environ 23,67% du lait non collecté est destiné à l'autoconsommation, tandis que 30,52% est réservé à la transformation. Le reste est vendu aux particuliers (DSA, 2022).

Tableau 10: Effectif des animaux dans la région de Sétif (DSA, 2022)

Espèce animale	Effectifs
Bovin	139 436
Ovin	406 087
Caprin	50 337
Equin	2 026
Poules pondeuse	3 161 544
Poulets de chair	8 904 745
Dindes	65 700

2.3 Déroulement de l'étude

2.3.1 Objectifs et démarche

L'objectif de cette étude est de caractériser les pratiques alimentaires appliquées dans les élevages bovins laitiers de la région semi-aride de Sétif, afin de proposer des stratégies d'amélioration de la production laitière à la fois durables, économiquement viables et adaptées aux contraintes locales. L'accent est mis sur l'évaluation des stratégies alimentaires en place, ainsi que sur l'introduction de techniques innovantes, telles que les rations totales mélangées, reconnues pour leur efficacité nutritionnelle. La démarche suivie repose sur deux volets complémentaires (Tableau 11) : le premier consiste en une enquête auprès de 147 exploitations laitières, permettant de dresser une typologie des systèmes d'élevage, de diagnostiquer les pratiques alimentaires existantes, en évaluant leur efficacité et leur contribution à l'autonomie alimentaire. Le second repose sur une expérimentation conduite à la ferme école COOPSEL, où 18 vaches laitières ont été suivies durant leur première et deuxième lactation. Trois régimes alimentaires y ont été comparés afin d'évaluer leurs effets sur les paramètres zootechniques ainsi que sur les aspects économiques.

Tableau 11: Étapes et schéma de recherche

Etape 1

Collecte d'informations et de données pour déterminer la typologie des exploitations et caractériser les différentes pratiques d'élevages notamment les systèmes d'alimentation du troupeau laitier.		
Etape 2		
Etudier l'effet des différentes rations totales mélangées sur les paramètres zootechniques des vaches primipare de race montbéliarde cliniquement saines hébergées dans les conditions de production de la ferme école COOPSSSEL.		
Ration 1 (Mash avec bouchon de luzerne)	Ration 2 (avec foin de luzerne)	Ration 3 (Concentré standard)
		

2.3.1.1 Recueil des données

L'étude a été commencée par des enquêtes réalisées entre octobre 2021 et septembre 2022, auprès de 147 élevages bovins dans la région semi-aride de Sétif, totalisant 1 726 vaches laitières de diverses races. Les élevages ont été sélectionnés de manière stratifiée et aléatoire, avec des critères incluant la concentration sur l'élevage bovin, la diversité de la taille du cheptel, l'utilisation des terres et les pratiques alimentaires. L'acceptation des éleveurs et l'accessibilité des élevages ont été prises en compte. Les questionnaires ont été complétés par des entretiens directs, axés sur trois aspects : les Caractéristiques de l'exploitation, les Pratiques alimentaires ainsi que les performances laitières et de reproduction.

2.3.1.2 Suivi d'élevage

L'expérimentation s'est déroulée sur une période de deux ans (2022-2023) à la ferme école COOPSSSEL, située dans la région semi-aride de Sétif, et a impliqué 18 vaches primipares de race Montbéliarde, réparties en trois groupes. Les vaches ont été suivies pendant deux lactations, avec des conditions d'élevage identiques pour tous les

groupes. L'étude consistait à fournir des rations alimentaires spécifiques à chaque groupe pour analyser leur impact sur les performances zootechniques des vaches, y compris le poids, l'état corporel, la production laitière, la reproduction et la composition physico-chimique du lait, ainsi que sur les aspects économiques.

2.3.1.3 Traitements des données

Afin de répondre à la diversité des approches méthodologiques, plusieurs outils statistiques ont été utilisés. Des analyses descriptives, des régressions linéaires, des tests de Student, des analyses de la variance (ANOVA) ainsi que des tests de corrélation ont été menés. Par ailleurs, pour explorer la structure multidimensionnelle des données, l'analyse en composantes principales (ACP) et l'analyse des correspondances multiples (ACM) ont été appliquées, suivies d'une classification ascendante hiérarchique (CAH) afin de regrouper les exploitations en fonction de leurs similitudes. L'ensemble des traitements statistiques a été réalisé à l'aide des logiciels Microsoft Excel 2013, SPSS (version 27.0) et SPAD (version 5.5), dont les détails spécifiques seront présentés dans les chapitres correspondants.

CHAPITRE I : PRATIQUES D'ELEVAGE ET TYPOLOGIE DES EXPLOITATIONS

1. Introduction

L'élevage bovin laitier joue un rôle clé dans l'économie agricole nationale. Cependant, la production locale ne couvre que 56 % des besoins en lait. De plus, la production moyenne des bovins modernes exploités, estimée à 3600 kg par vache et par lactation, reste en deçà de leur potentiel génétique (Djermoun *et al.*, 2018). La faible productivité des exploitations laitières découle d'une série de facteurs interdépendants, incluant une alimentation inadaptée et de mauvaise qualité, une gestion inefficace de l'élevage et un manque de compétences techniques appropriées (Sraïri *et al.*, 2013).

Les éleveurs doivent surmonter des défis complexes pour répondre aux besoins nutritionnels des animaux, garantir la qualité des produits, optimiser les coûts alimentaires et éviter la pollution. Ce chapitre a pour objectifs de caractériser les exploitations d'élevage bovins laitiers dans la région de Sétif et de définir une typologie structurelle des exploitations afin d'avoir une vision globale sur les modes de gestion de ces élevages.

2. Matériel et méthodes

2.1 Enquêtes de terrain

La présente étude concerne une enquête menée auprès de 147 élevages bovins implantés dans les différentes zones agro-écologiques de la région semi-aride de la wilaya de Sétif. Ces élevages regroupant au total 1 726 vaches laitières de différentes races. Les enquêtes ont duré environ une année entre octobre 2021 et septembre 2022.

Le choix des exploitations a été réalisé sur la base de plusieurs critères, tels que la présence d'un élevage bovin laitier, l'utilisation des terres agricoles et la diversité des pratiques alimentaires, ainsi que l'accessibilité et la coopération des éleveurs et la disponibilité des informations nécessaires. Il a également été pris en compte la concentration de l'élevage bovin dans la région. Par ailleurs, il était essentiel d'assurer une représentation diversifiée en termes de taille du cheptel, de superficie des terres agricoles et de types de productions. L'objectif était de couvrir, autant que possible l'ensemble du territoire de la wilaya.

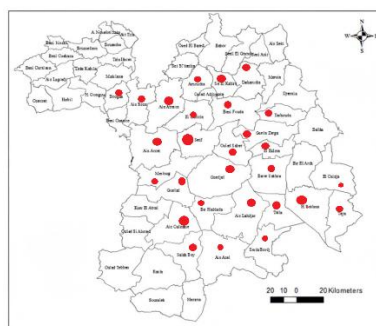
Les Questionnaires (Annexe 1) sont remplis suite aux entretiens directs avec les dirigeants des exploitations. Ces derniers ont été élaborés conformément à l'approche globale de l'exploitation agricole AGEA, qui était prévue pour une approche de

diagnostique globale d'un système de production de l'exploitation agricole (Marshall *et al.*, 1994). Afin d'éviter les questions qui fournissent des informations ambiguës et de réduire le problème de la difficulté de communication avec des éleveurs souvent peu expansifs, le questionnaire a été amélioré progressivement après son déploiement initial sur le terrain. Il doit comporter majoritairement des questions structurées afin d'orienter l'entretien et d'assurer une collecte d'informations pertinente et approfondie. Le formulaire utilisé pour obtenir ces résultats s'intéresse essentiellement aux trois aspects suivants :

- **Le premier** portait sur les caractéristiques de l'éleveur et de structure de l'exploitation (le système de production, la main d'œuvre, la structure et l'effectif du cheptel bovin, la composition des troupeaux, les surfaces agricoles, les cultures végétales, les ressources en eaux).
- **Le second** traitait les facteurs liés à l'alimentation des vaches laitières, tels que les types de fourrage et les aspects compositionnels de régime ainsi que les pratiques de supplémentation alimentaire et la quantité de rations alimentaires quotidiennes fournies aux vaches tout au long de l'année.
- **Le troisième** portait sur la production laitière et les performances de reproduction, l'âge du premier vêlage, le poids du veau, l'intervalle entre les vêlages,

Tableau 12: Distribution des exploitations enquêtées dans les différentes régions de la wilaya de Sétif

Région	Nombre des exploitations enquêtées	% des exploitations
Région nord	64	43,53
Région centre	65	44,21
Région sud	18	12,24
Total	147	100%



Le tableau 12 met en évidence un nombre d'exploitations enquêtées plus faible dans la région sud par rapport aux autres régions. Ce choix s'explique par divers facteurs, tels qu'une concentration plus faible d'élevages laitiers et des conditions d'accessibilité moins favorables. Pour garantir une analyse plus représentative, il est préférable de se concentrer sur des zones présentant une plus grande densité d'exploitations.

2.2 Analyses statistiques

Toutes les données d'enquête recueillies ont été codées et saisi dans un fichier l'aide du logiciel informatique Excel. Le second fichier contient l'ensemble des données relatives aux élevages suivis. Les données collectées ont fait l'objet de statistiques descriptives pour chacun des paramètres (moyennes, écart-types et proportions) pour caractériser globalement les exploitations enquêtées. Une analyse de corrélation est réalisée entre les divers éléments structurants des exploitations.

Les données structurelles et organisationnelles collectées sont constituées de 16 variables codifiées en plusieurs modalités caractérisant les exploitations du point de vue du potentiel foncier, de l'irrigation, des bâtiments, de la force de travail, de l'assolement, des effectifs des ruminants et du chargement animal. Celles-ci ont permis de réaliser une typologie des élevages en s'appuyant sur une analyse en composantes multiples (ACM) suivie d'une classification hiérarchique ascendante (CAH) qui a permis de traiter une base de données de 147 élevages et 16 variables codifiées en 61 modalités (Annexes) avec le logiciel SPAD Version 5.5 (Decisia, Puteaux, France). Le choix de l'ACM est justifié par le fait qu'elle tient compte de variables aussi bien quantitatives que qualitatives.

3. Résultats

3.1 Caractéristiques des exploitations enquêtées

Les variables structurelles font d'abord l'objet d'une analyse descriptive, suivie d'une analyse de corrélation qui établit la relation entre les différents éléments structurels. La répartition des exploitations selon le nombre des vaches laitières est

représentée dans la figure 13. L'effectif de vaches laitières des élevages enquêtés est de 1 à 300 têtes. la majorité des exploitations (70,7%) ont moins de 10 vaches. Ceci montre que l'élevage bovin dans cette région est souvent détenu par des petites exploitations à petits troupeaux et les grandes exploitations sont rarement retrouvées (moins de 2%). Pour 27,2 % des exploitations, le nombre est entre 11 à 50 têtes.

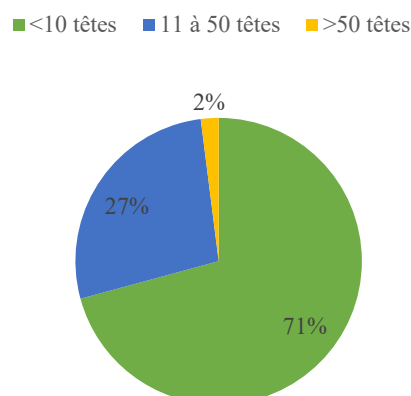


Figure 12: Répartition des exploitations selon le cheptel laitier

Les résultats du tableau 13 montrent que la taille moyenne des exploitations est de l'ordre de 33,13 ha. Les surfaces cultivables des exploitations enquêtées sont très variables, allant de 0,5 à 280 ha de SAU et comprennent 2 564,5 ha du total. La moyenne est de l'ordre de 17,44 ha, dont 14,93 % de ces superficies est destinés aux cultures fourragères avec une moyenne de 2,60 ha. Cette proportion s'avère très faible par rapport à la SAU. Cependant, 63,9% des exploitations ne disposent pas de superficies fourragères. La surface louée été avarie de 0 à 150 ha avec une moyenne de 6,61 ha. Le nombre de main d'œuvre varie en fonction de la taille d'exploitation (1 à 48 ouvriers), il été de 2,37 UTH en moyenne.

L'effectif total du cheptel bovin des élevages enquêtes est de 3 008 têtes, soit une moyenne de 20 têtes/exploitation. Ces élevages regroupent au total 1 726 vaches laitières de différentes races avec une taille moyenne de 11 vaches/exploitation. L'effectif des troupeaux ovins et caprins est de l'ordre de 3 033 et 322 respectivement.

Tableau 13: Caractéristiques des exploitations enquêtées dans la région d'étude

	Total	Min	Max	Moyenne	IQR
SAT (ha)	4 871	2	1450	33,13	15
SAU (ha)	2 564,5	0.5	280	17,44	12

SF (ha)	383	0	30	2,60	3,5
SL (ha)	973	0	150	6,61	5
UTH (ouvriers)	349	1	48	2,37	2
VL (tête)	1726	1	300	11,74	7
BV (tête)	3008	3	500	20,46	11,5
OV (tête)	3033	0	300	20,63	25
CP (tête)	322	0	40	2,19	6,19

SAT : surface agricole totale, **SAU** : surface agricole utile, **SF** : superficie Fourragère, **SL** : superficie louée, **UTH** : unité de Travailleur Humain, **BV** : effectifs bovins, **OV** : effectifs ovins, **CP** : effectifs caprins, **VL** : effectifs vaches laitières, **IQR** : Écart interquartile.

L'analyse de corrélation entre les différents éléments structurants révèle une forte corrélation ($r^2=0,944$) entre le nombre de main d'œuvre et la SAT. Cela met en évidence le fait que la taille de l'exploitation est souvent proportionnelle au nombre de mains d'œuvre (Tableau 14).

-Une corrélation modérée ($r^2 = 0,546$) a été observée entre le nombre d'ovins et de caprins, mettant en évidence la complémentarité entre ces deux types d'élevage. Dans la plupart des exploitations, l'élevage ovin constitue l'activité principale tandis que l'élevage caprin occupe une place secondaire, souvent intégré pour diversifier les sources de revenus.

-Une faible corrélation entre le nombre de vaches laitières et les terres dédiées à la production fourragère des exploitations étudiées ($r^2 = 0,139$) met en évidence leur forte dépendance aux ressources extérieures, nécessitant ainsi une complémentarité en aliments concentrés et en fourrages grossiers.

Tableau 14: Corrélation entre les éléments structurels

	SAT	SAU	SF	SL	UTH	VI	BV	OV	CP
SAT	1								
SAU	0,561	1							
SF	0,239	0,560	1						
SL	0,120	0,456	0,392	1					
UTH	0,944	0,477	0,197	0,025	1				

VI	0,047	0,161	0,139	0,207	0,077	1			
BV	0,101	0,256	0,262	0,066	0,234	0,069	1		
OV	0,080	0,299	0,225	0,651	0,029	0,252	0,035	1	
CP	0,042	0,240	0,227	0,567	0,001	0,257	0,084	0,546	1

SAT : surface agricole totale, **SAU** : surface agricole utile, **SF** : superficie Fourragère, **SL** : superficie louée, **UTH** : Unité de Travailleur Humain, **BV** : effectifs bovins, **OV** : effectifs ovins, **CP** : effectifs caprins, **VL** : effectifs vaches laitières.

3.1.1 Profil des éleveurs enquêtés

Les données du tableau 15 montrent que la majorité des éleveurs interrogés sont âgés de 26 à 49 ans, représentant 76,9 % de l'ensemble. En revanche, seuls 3,4 % des éleveurs ont moins de 25 ans. Par ailleurs, 19,7 % des éleveurs sont âgés de 50 ans et plus.

La répartition des exploitations selon la main d'œuvre montre que près de la moitié (49 %) des exploitations n'ont qu'un seul ouvrier, 25,2 % en ont deux ouvriers et 25,9 % emploient plus de trois ouvriers.

La majorité des éleveurs enquêtés (80,27 %) ont un niveau d'étude moyen alors que 12,24 % n'ont aucun niveau de scolarité et 7,48 % sont des diplômés universitaires. De plus, la plupart des chefs d'exploitations (87,1 %) n'avaient aucune formation agricole.

Nos résultats ont révélé que 75,5 % des répondants exerçaient l'activité d'élevage laitier à plein temps tandis que 24,5% avaient différentes activités économiques non agricoles et prenaient l'élevage laitier comme activité secondaire pour compléter leurs revenus.

Selon le type de production 34 % d'exploitants sont spécialisés en production laitière. Tandis que les 66% restants consistent à aller vers des systèmes de production mixtes lait-viande. Les éleveurs de bovins qui ont vécu l'expérience de la spécialisation laitière reviennent vers des systèmes mixtes en raison de la faible rentabilité économique du lait comme produit principal, notamment après l'inflation des prix des aliments concentrés. Cette réorientation vise à diversifier les sources de revenus et à réduire les risques économiques, en équilibrant les bénéfices générés par la vente de lait et de viande.

Tableau 15: Caractéristiques générales des dirigeants des fermes enquêtées

		Fréquence	Pourcentage %
Age des éleveurs	<25	5	3,4%
	De 26 à 49	113	76,9%
	>50	29	19,7%
Nombre de main d'œuvre	1	72	49,0%
	2	37	25,2%
	>3	38	25,9%
Niveau scolaire	Aucun	18	12,24%
	Primaire	50	34,01%
	Moyenne	20	13,60%
	Secondaire	48	32,65%
	Universitaire	11	7,48%
Formation agricole	Oui	19	12,9%
	Non	128	87,1%
Nature de l'activité	Principale	111	75,5%
	Secondaire	36	24,5%
Système de production	Laitier	50	34,0%
	Mixte	97	66,0%

3.1.2 Statut juridique des exploitations

La figure 13 révèle qu'il existe cinq types d'exploitations différents, qui sont classés en fonction de leur statut juridique. Les types les plus répandues sont représentées par les exploitations familiales et propriétaires qui représentent respectivement 43,53 % et 42,85 % des élevages enquêtés. Les exploitations agricoles collectives (EAC), qui résultent de la division des domaines autogérés, constituent 11,56% des élevages étudiés. Les fermes de locataires ne se retrouvent que dans 1,36% des exploitations. Une seule ferme pilote a été identifiée dans les élevages enquêtés.

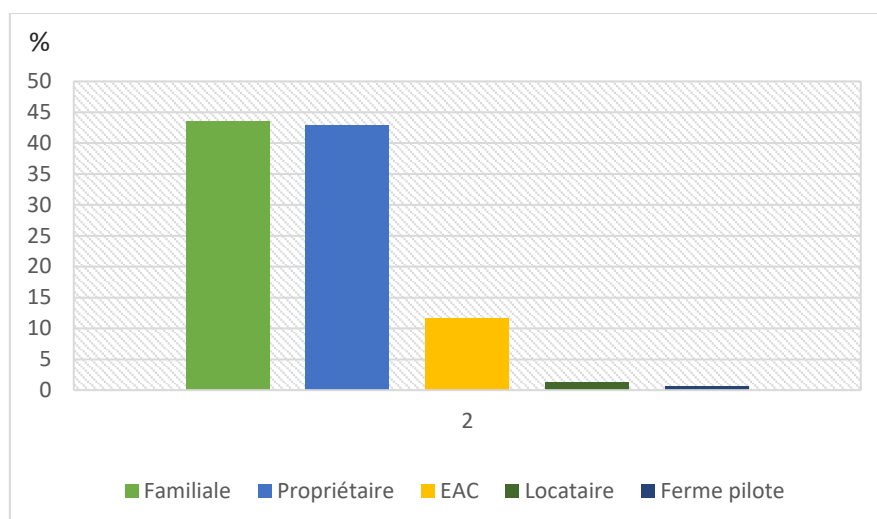


Figure 13;: Distribution des fermes selon leur statut juridique

3.2 Le foncier agricole

3.2.1 L'existence de terres agricoles

Dans l'ensemble des exploitations étudiées, la prédominance des exploitations disposant de terres agricoles, représentant 89 %. En revanche, une minorité, soit 11 %, ne possèdent pas de foncier agricole. Ces dernières sont liées à des systèmes d'élevage particuliers, tels que l'élevage hors-sol (Figure 14).

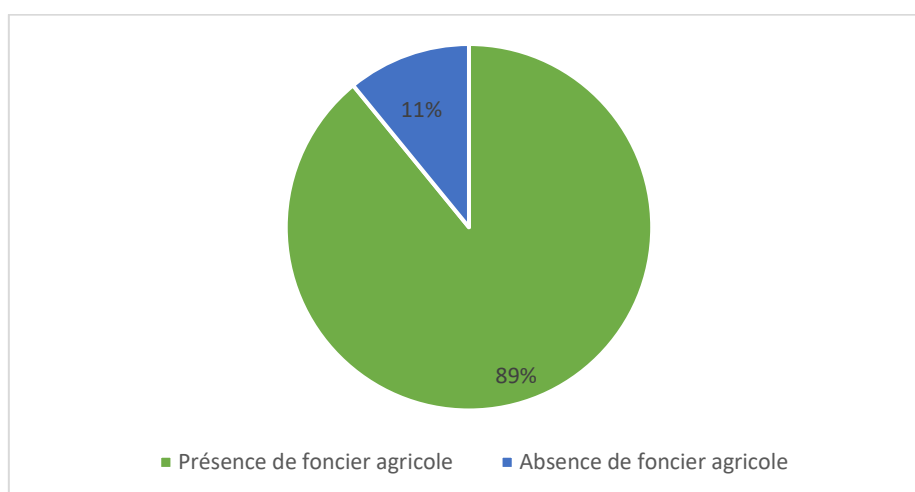


Figure 14: Répartition des exploitations selon la présence de terres agricoles

3.2.2 La superficie agricole utilisée

Le tableau 16 illustre la répartition des exploitations étudiées en six groupes selon leur surface agricole utile. Il met en évidence la prédominance des petites fermes, qui constituent 78,23 % des exploitations avec une SAU inférieure à 20 hectares. En

revanche, les grandes exploitations (SAU > 50 ha) sont nettement moins nombreuses, représentant seulement 6,8 % de l'ensemble.

Tableau 16: Distribution des fermes enquêtées selon la SAU

SAU (ha)	Totale SAU (ha)	Moyenne SAU (ha)	Nbre d'exploitations	% d'exploitations
[0-10[	318,5	3,79	84	57,14
[10-20[	425	13,71	31	21,09
[20-50[	705	32,04	22	14,97
[50-100[	355	71	5	3,40
> 100	761	163,05	5	3,40

SAU : surface agricole utile ; ha : hectare ; Nbre : nombre

3.2.3 La SAU irriguée

Dans la région étudiée, l'agriculture repose principalement sur les précipitations (Tableau 17). Seules 17,64 % des exploitations pratiquent l'irrigation, couvrant au total 557,5 ha, avec une superficie moyenne de $14,29 \pm 19,66$ ha par exploitation. En revanche, la majorité des agriculteurs (69,23%) dépendent entièrement des précipitations. Ces exploitations s'étendent sur 1 595 ha, avec des superficies variantes entre 0,5 et 150 ha, et une moyenne de $10,42 \pm 17,60$ ha par exploitation. Par ailleurs, 13,12 % des exploitations pratiquent une irrigation intermittente, en fonction des besoins et de la disponibilité en eau. Ces dernières couvrent une superficie totale de 254 ha avec une moyenne estimée à $9,07 \pm 7,84$ ha par exploitation.

Tableau 17: Irrigation des terres agricoles

Irrigation	% exploitation	SAU Totale (ha)	Min	Max	Moyenne	Ecart-type
Oui	17,65	557,5	0,5	100	14,29	19,66
Non	69,23	1 595	0,5	150	10,42	17,60
Parfois	13,12	254	1	35	9,07	7,84

3.3 La production végétale

La production végétale est d'une grande importance en Algérie. Elle est considérée comme étant le premier noyau pour assurer la sécurité alimentaire du Pays.

La diversité et la richesse des étages agro-bioclimatiques de l'Algérie lui confèrent un atout majeur pour la diversification des spéculations culturelles. Ainsi, l'étude des pratiques de culturales permet d'appréhender les atouts et les contraintes agricoles régionales et locales.

3.3.1 Les céréales

La région de Sétif se distingue par la prédominance de la céréaliculture qui s'intègre dans les traditions familiales pour assurer la sécurité alimentaire. Ainsi, les principales céréales cultivées dans cette zone sont le blé dur, le blé tendre et l'orge (Figure 15). La culture du blé dur est pratiquée par 62,58 % des éleveurs interrogés sur une superficie totale de 1 467 ha avec une moyenne estimée à 15,94 ha par exploitation. Cette surface varie de 0,5 à 150 ha et occupe 57,20 % de la SAU. Elle est particulièrement bien adaptée au terroir local, avec des hivers froids et des printemps fréquemment marqués par un déficit hydrique, et contribue à assurer de meilleures marges bénéficiaires aux agriculteurs (Chourghal *et al.*, 2016).

L'orge est cultivée dans 60 exploitations, couvrant une superficie totale de 479,5 ha, avec des surfaces variant de 0,5 à 50 ha par exploitation. En moyenne, chaque exploitation consacre 7,97 ha à cette culture. Les agriculteurs adoptent moins cette culture car elle est moins rémunérée que le blé dur. Du fait que son cycle végétatif est plus court, cette céréale est plus facile à produire. Elle s'adapte à la composition calcaire des sols et peut résister aux sécheresses printanières récemment aggravées par le changement climatique. L'orge est très demandée en alimentation animale et les éleveurs l'utilisent généralement pour compléter les aliments concentrés commerciaux ou pour préparer des aliments concentrés dans la ferme à base de maïs, de soja, de son de blé et de l'orge concasser. Seuls 5,44% des agriculteurs interrogés cultivent du blé tendre, et il est souvent vendu aux unités de transformation pour la consommation humaine.

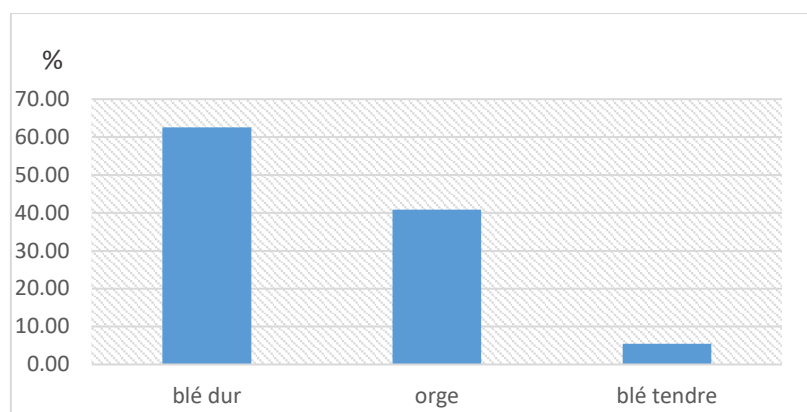


Figure 15: Distribution des principales cultures céréalières

Les résultats du tableau 18 montrent que les rendements moyens du blé dur, de blé tendre et de l'orge étaient respectivement de 23, 22 et 24 quintaux/ha.

Tableau 18: La culture céréale dans la région d'étude

Culture	Nbre d'exp	Rendement (q/ha)	Surface cultivée (ha)	Min (ha)	Max (ha)	Moy	SD
Blé dur	92	23,32	1 467	0,5	150	15,94	8,02
Blé tendre	8	22,37	95	4	25	11,87	7,05
Orge	60	24,06	478	0,5	50	7,97	9,31

Min : La superficie minimale, **Max** : La superficie Maximale, **SD** : Ecart-type

3.3.2 Production maraîchère

L'analyse de la production maraîchère dans l'ensemble des exploitations visitées révèle la faible différenciation de cette culture. Elle est étroitement liée aux conditions météorologiques et à la disponibilité de l'eau. Elle est pratiquée par seulement 6 exploitations, soit 4,08 % de l'ensemble des exploitations interrogées, et couvre une superficie totale de 57 ha, avec une moyenne de $9,5 \pm 10,44$ ha.

3.4 Conduite des troupeaux

3.4.1 L'élevage bovin

L'élevage bovin occupe une place importante dans la région d'étude. L'effectif bovin dans la totalité des exploitations enquêtées est de l'ordre de 3 008 têtes avec une

moyenne de $20,46 \pm 42,98$ têtes/exploitation. La taille du cheptel bovin est comprise entre 3 et 500 têtes.

La répartition du troupeau bovin selon la zone révèle que ce type d'élevage est concentré dans le nord et le centre de la wilaya, regroupant 2 090 têtes, soit 69,48 % de l'effectif total. Ces zones présentent une moyenne respective de 15 et 19 têtes par exploitation. Cette répartition est due aux conditions favorables dans ces régions pour l'élevage bovin, y compris la disponibilité de nourriture et d'eau. Les cultures fourragères irriguées et les prairies se développent le long des oueds traversant l'urbanisation du nord au sud, notamment l'oued Boussallem. La région du sud se distingue par ses grandes surfaces, qui favorisent le développement des grandes exploitations en termes d'effectif. En effet, la taille moyenne des élevages enquêtés dans cette zone est de 39,91 têtes par exploitation.

3.4.1.1 Structure du cheptel bovin

Les résultats présentés dans la figure 16 montrent que la structure du cheptel bovin dans les exploitations visitées est dominée par les vaches laitières qui représentent 57,38 % de l'effectif bovin total. Ces exploitations comprennent des vaches laitières de différentes races avec une taille moyenne de 11,74 vaches/exploitation. Les veaux arrivent en deuxième position avec un taux de 20,97 %, suivis de génisses avec une proportion de 14,12 %. Les taureaux et les taurillons représentent respectivement 4,82 %, 2,96 %.

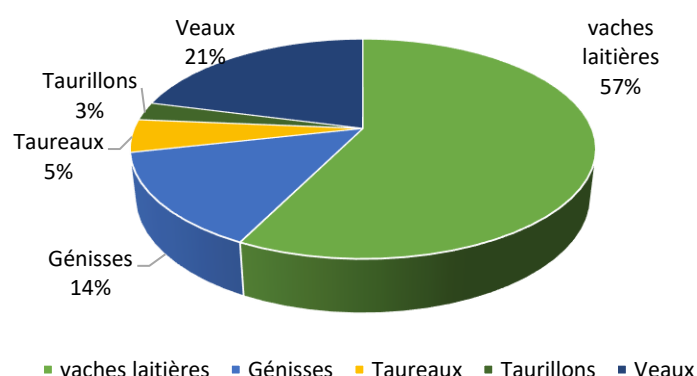


Figure 16: Structure du cheptel bovin dans les fermes étudiées

3.4.1.2 Les races bovines exploitées

Concernant les races bovines élevées dans les fermes enquêtées (Figure 17), l'exploitation des vaches à haut potentiel génétique prédomine et la montbéliarde arrive en tête avec une proportion de 51,05%. Elle est suivie par des races croisées issues de croisements entre la race locale et les races importées (17,72%). La Holstein arrive en troisième position avec une part de 12,24%. Les races locales ne représentent que 10,55% des races élevées, en raison de leur faible productivité. Malgré cela, ces races se distinguent par leur adaptation à des conditions environnementales difficiles, notamment la marche en terrain accidenté et des ressources alimentaires insuffisantes (Bendiab, 2012). La composition raciale des animaux restants (8,44%) est diversifiée, elle est principalement constituée par la fleckvieh, la normande, l'Autriche, la jersiaise et la Simmental.

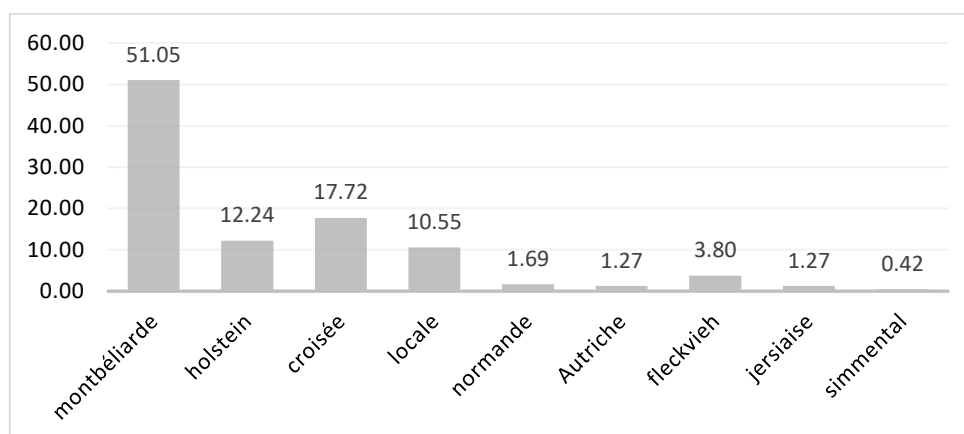


Figure 17: Les différentes races bovines exploitées dans la région d'étude

3.4.1.3 Mise à la réforme

Dans les élevages enquêtés, l'âge de réforme des vaches laitières varie selon les besoins de l'exploitation et l'état de l'animal, il est de l'ordre de 8 ans en moyenne (Figure 18). Cependant, dans 4 % des exploitations, les vaches sont réformées assez jeunes (moins de 5 ans) principalement en raison de problèmes de santé. L'âge de la mise à la réforme des vaches dans la majorité des fermes visitées (59%) se situe entre 5 et 10 ans. Alors qu'il dépasse les 10 ans dans 27% des exploitations.

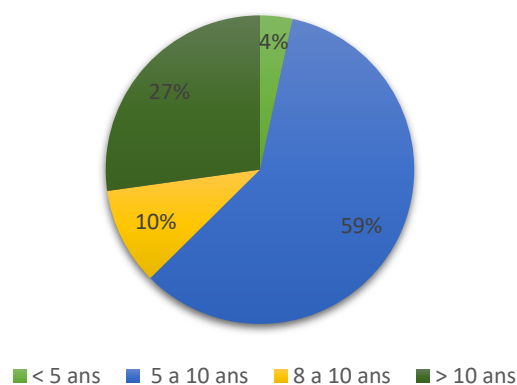


Figure 18: Classification des exploitations selon l'âge de reformes des vaches

Les principales causes de réforme des vaches dans les fermes étudiées sont la santé et le niveau de la production laitière. La moitié des éleveurs enquêtés (49,66 %) ont déclaré qu'ils reforment leurs animaux à cause des problèmes sanitaires. Une proportion de 22 % des réformes sont dus à une insuffisance de la production, alors qu'environ 5% sont liés à des problèmes de fertilité. Les vaches sont retirées du troupeau afin d'être vendues dans 12 % des cas. Enfin, 11% des fermes reforment à cause du vieillissement des vaches arrivées en fin de carrière (Tableau 19).

Tableau 19: Les causes de réformes des vaches dans les élevages étudiés

Causes de réforme	Fréquences	%
Faible production	33	22,45
Problèmes sanitaires	73	49,66
Problèmes de fertilité	7	4,76
Vente	18	12,24
Age avancé (>10 ans)	16	10,88

3.4.2 L'élevage ovin

L'élevage ovin est présent dans 38 % des élevages enquêtés avec des effectifs qui varient entre 4 à 300 têtes. Ces exploitations totalisent un effectif total de 3033 têtes avec une moyenne de 54 ± 61 têtes/exploitation (Tableau 20).

Les ovins sont généralement conduits en association avec les caprins, et l'effectifs de troupeaux ovins est corrélés aux troupeaux caprins ($r^2 = 0,546$). Ce type d'élevage est directement dépendants de la disponibilité des ressources pastorales, et les

animaux valorisent les produits de la culture céréalière et pâturent la jachère. La taille des troupeaux ovins dans les exploitations varie selon les régions de la zone d'étude. Au Nord, les ovins sont essentiellement conduits en petits troupeaux (4 à 60 têtes) qui pâturent un territoire défini et le nombre moyen des animaux par exploitation est de l'ordre de 25,5 têtes. Alors que dans le centre et le sud de la wilaya, l'effectif des troupeaux sont souvent importants, allant de 6 à 300 avec une taille moyenne de 57,6 têtes/ferme.

3.4.3 L'élevage caprin :

L'élevage caprin est moins répandu dans la zone d'étude, cependant il n'est pratiqué que dans environ 21% des exploitations enquêtées avec un total de 322 têtes (Tableau 20). Il est généralement considéré comme un élevage secondaire de l'élevage ovin, la taille des effectifs caprins est très faible et elle ne dépasse pas 10 têtes par exploitation.

Tableau 20: Répartition des effectifs animaux dans les différentes zones agroécologiques de la wilaya de Sétif

Région	Effectifs (têtes)									
	Nbr exp	Bovin	Moy	SD	Ovin	Moy	SD	Caprin	Moy	SD
Région nord	64	938	14,65	10,91	153	2,42	2,39	6	0,09	0,05
Région centre	65	1152	17,72	9,92	1950	30	6,45	220	3,38	1,13
Région sud	18	918	51	11,74	930	51,66	23,25	96	5,33	2,13
Total	147	3008	20,46	10,86	3033	20,63	32,09	322	2,19	3,31

Nbr exp : Nombre d'exploitations, Moy : Moyenne.

3.5 Les Bâtiments d'élevage

Le bâtiment d'élevage est une construction d'une grande importance qui permet d'assurer un certain contrôle environnemental, réduction du gaspillage des aliments achetés et meilleur contrôle de maladies et de parasites. Les étables doivent être propres pour assurer le confort des vaches, et la qualité de l'air est mesurée par la température, l'humidité et l'odeur. L'éleveur qui garde ses animaux dans un bâtiment bien conçu gagne lui-même en confort de travail. Ainsi, l'équipement, les matériaux de construction, la disposition et l'emplacement joueront un rôle dans la détermination de la rentabilité de la production animale (Tillie et Fostier, 2022).

Les principales sources d'exposition des vaches laitières aux agents pathogènes environnementaux responsables de la mammite incluent l'humidité et la présence de fumier dans leur environnement (Schreiner et Ruegg, 2002). L'environnement de couchage de la vache a été considéré comme la principale zone où les vaches entrent en contact avec l'humidité et le fumier et, par conséquent, est un facteur majeur affectant l'hygiène des vaches.

La majorité des stabulations dans les exploitations enquêtées sont de type entravée (98% des exploitations). Les stabulations libres sont présentes dans 2% des élevages étudiés (Tableau 21). Ce dernier type offre aux animaux une plus grande liberté de mouvement, leur permettant d'accéder à l'ensemble de l'espace du bâtiment ou de l'enclos sans restriction.

Dans 41 % des élevages étudiés, les logements des vaches laitières sont en bon état, équipés d'aires d'exercice et dotés d'ouvertures favorisant une ventilation naturelle et une bonne luminosité. Ils offrent également une accessibilité facilitée aux couloirs d'affouragement et assurent une évacuation efficace des déjections.

Dans 52% des fermes étudiées, les conditions d'élevages des bâtiments et les paramètres d'ambiance sont acceptables. Cependant, 7,5% des exploitations présentent de mauvaises conditions de confort et d'hygiène ce qui affecte considérablement les animaux.

Concernant l'aire de repos, les étables dont les planchers sont construits en béton recouvert de litière de paille prédominent dans 73% d'exploitations. Une proportion de 15,64% des éleveurs enquêtés n'utilise pas la litière et la zone de couchage des animaux est uniquement en béton. Les bâtiments dont les sols ne sont pas recouverts de béton représentent un faible pourcentage, y compris les éleveurs qui utilisent la litière de paille (5,44%) et ceux qui n'en utilisent pas (6,12%).

Tableau 21: Caractéristiques des bâtiments d'élevages

		Nbr d'exp	% exp
Type de stabulation	Entravée	144	97,96
	Libre	3	2,04
Etat	Bon	60	40,81
	Moyen	76	51,70

	Médiocre	11	7,48
Aire couchage	Béton paillé	107	72,78
	Béton	23	15,64
	Sol paillé	8	5,44
	Sol	9	6,12

La surface des étables des fermes enquêtées varie considérablement, allant de 35 à 800 m², avec une moyenne de 238,61 m² (Tableau 22). En fonction de leur taille, les bâtiments d'élevage sont classés en trois catégories : les grandes structures, peu répandues, ne concernent que 6 exploitations (4,08 %) ; les bâtiments de taille intermédiaire représentent 29,93 % des cas ; tandis que la majorité des exploitations (65,99 %) disposent de petites étables, reflétant une prédominance des infrastructures de faible superficie. Par ailleurs, les petites structures maximisent l'utilisation de l'espace avec une densité animale plus élevée, soit 0,13 animal par m², tandis que les grandes exploitations, souvent mieux équipées, privilégient des densités plus faibles, à raison de 0,07 animal par m², favorisant ainsi le bien-être animal.

Tableau 22: Classement des exploitations selon la superficie des bâtiments d'élevage

Dimension (m²)	Nbr d'exp	% exp	Moyenne	SD	Charge animale (animal /m²)
[35-300]	97	65,99	146	65,79	0,13
] 300-600]	44	29,93	347,20	61,27	0,03
] 600-800]	6	4,08	741,66	80,10	0,07

Nbr d'exp : Nombre d'exploitation, **SD** : Ecart-type.

3.6 Conduite de la reproduction

3.6.1 Pratiques d'insémination

Dans 56% des élevages enquêtés, les vaches sont inséminées par saillie naturelle, dont 16% utilisent le taureau reproducteur du troupeau, tandis que 84% ont recours à la location de taureaux. Cette pratique est principalement choisie pour des raisons économiques et pratiques, permettant aux éleveurs d'éviter les coûts d'entretien

d'un taureau permanent (Figure 19). L'insémination artificielle, pratiquée dans 44% des élevages, est souvent choisie pour ses avantages en termes de contrôle génétique et de la possibilité d'introduire des taureaux de haute performances génétiques de façon plus régulière. Ces choix dépendent de la gestion du troupeau, des objectifs de sélection génétique et des contraintes financières.

La synchronisation des chaleurs n'est rencontrée que dans une seule exploitation de grande taille, possédant une surface agricole utile de 75 hectares et un troupeau de 300 vaches laitières. Cette technique est principalement utilisée dans les troupeaux laitiers pour grouper les mises-bas et constituer de lots d'animaux homogènes. Elle facilite également l'insémination artificielle et permet de contrôler et d'harmoniser les cycles sexuels des femelles.

L'âge moyen des génisses à la première saillie dans les fermes étudiées est de 18,5 mois, ce qui reste bien au-delà de l'objectif visé, qui est que la génisse soit prête à la reproduction à 13 mois, après avoir atteint 55 % de son poids adulte (National Research Council, 2001 ; Le Cozler, 2014 ; Duplessis et al., 2015). L'intervalle vêlage-vêlage moyen est de $13,51 \pm 2,22$ mois.

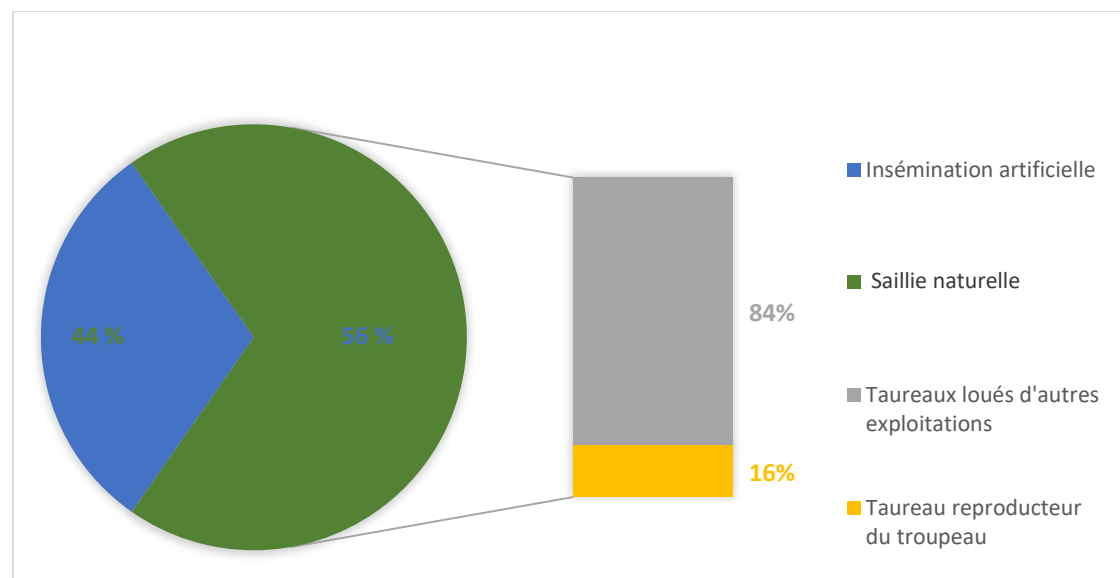


Figure 19: Types d'insémination dans les élevages enquêtés

3.6.2 Poids des veaux à la naissance

Le poids des veaux à la naissance varie considérablement d'une race à l'autre (Tableau 23). En effet, le poids moyen des veaux nés des races bovines locales est le plus faible, il s'établit à $25,94 \pm 3,70$ kg. Il est suivi des veaux issus de races croisées avec une moyenne de $31,40 \pm 5,36$ kg. Cependant, les veaux nés des races importées avaient des poids à la naissance plus élevés, avec des moyennes respectives de $38,95 \pm 6,48$ pour la Montbéliarde et $43,63 \pm 8,39$ pour la race Holstein.

Tableau 23: Poids des veaux à la naissance des différentes races dans les élevages visités

Races	Poids des veaux à la naissance		
	Moyenne	Min	Max
Locale	25,94	20	32
Croisée	31,40	20	45
Montbéliarde	38,95	30	50
Holstein	43,63	30	55

3.7 Les performances de production laitière

3.7.1 La durée de lactation

La durée de lactation varie d'une race à l'autre et elle s'étale de 250 à 303 jours. Les vaches de race Holstein ont les durées de lactation les plus longues avec une moyenne de $303 \pm 17,32$ jours, suivies des vaches Montbéliarde ($288 \pm 28,36$ jours). Les races croisées et locales ont des périodes de lactation moyennes inférieures à celle des races importées, avec respectivement des durées de 264 et 250 jours (Tableau 24). La courte durée de lactation pourrait expliquer la baisse des niveaux de production laitière globale observée.

Pour le tarissement, il est provoqué par les éleveurs dans 69% des cas. Néanmoins, dans 31% des élevages, ce dernier est lié directement à un arrêt physiologique de la production du lait par les vaches.

Tableau 24: Durée moyenne de la lactation des différentes races de vaches laitières des élevages enquêtés

Races	Durée de lactation (jours)
-------	----------------------------

	Moyenne	Ecart-type
Locale	250	21,05
Croisée	264	19,62
Montbéliarde	288	28,36
Holstein	303	17,32

3.7.2 Pratiques de traite

L'un des principaux outils qui semble soutenir la croissance de la production laitière est la mécanisation du processus de traite. Dans toutes les unités de production visitées, il n'y avait qu'une seule exploitation disposant d'une salle de traite automatisée. Ainsi, 74% des éleveurs utilisent une machine à traire mobile, tandis que 26% des éleveurs s'appuient encore sur la traite manuelle. Ce type de traite est observé essentiellement dans les exploitations à faibles effectifs. En effet, les modes de traite varient en fonction du nombre de vaches laitières par exploitation (Figure 20), la traite manuelle est encore présente dans les petites exploitations (2 à 10 vaches), mais son usage diminue progressivement avec l'augmentation du nombre de vaches, laissant place à une adoption croissante de la traite mécanique.

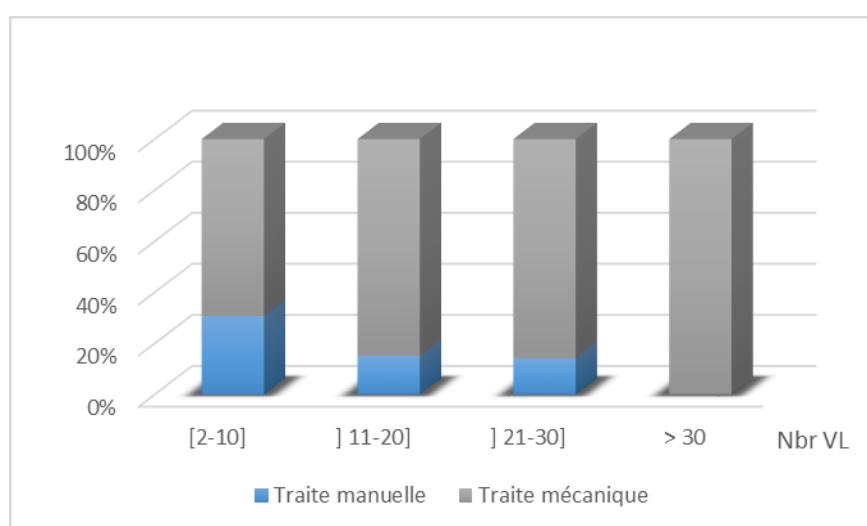


Figure 20: Répartition des méthodes de traite selon le nombre de vaches laitières

Les soins apportés à la santé de la mamelle avant la traite permettent l'amélioration la qualité bactériologique et la production de lait et d'éviter la contamination de la mamelle. Près de la moitié des élevages enquêtés (49%) n'utilisent que de l'eau pour le nettoyage de la mamelle. L'eau de Javel et le savon sont utilisés

respectivement dans 32 et 18% des exploitations enquêtées. Seuls deux éleveurs, soit 1,36% des fermes visitées utilisent des produits spécifiques de désinfection des trayons dans le but de réduire la contamination des trayons et d'éviter les risques d'infection des mamelles (Figure 21).

L'élimination des premiers jets de lait est pratiquée par 53 % des éleveurs interrogés. Cette méthode permet non seulement de réduire le temps de traite, mais aussi de mieux stimuler la vache, favorisant ainsi une production lactée plus rapide. En revanche, 47 % des éleveurs ne réalisent pas cette étape lors de la traite.

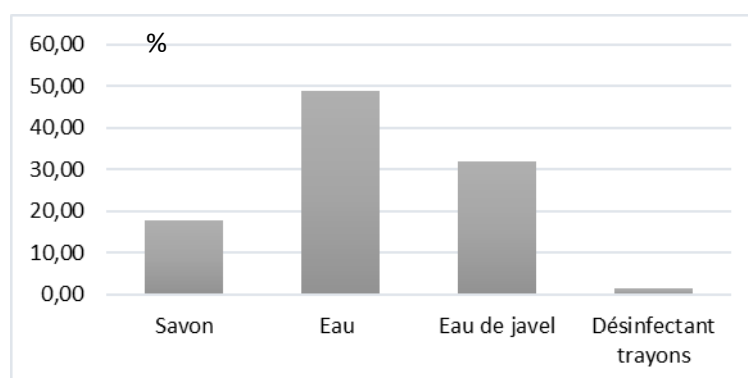


Figure 21: Distribution des élevages selon le mode de nettoyage des mamelles

3.7.3 La production laitière

Les quantités totales du lait produites dans les exploitations étudiées sont en moyenne de 174 litres par jour. Ainsi, les quantités de lait destinées à l'autoconsommation sont en moyenne de 4,50 l/jour. Ce lait ne fait pas l'objet de vente et il est consommé par la famille de l'éleveur.

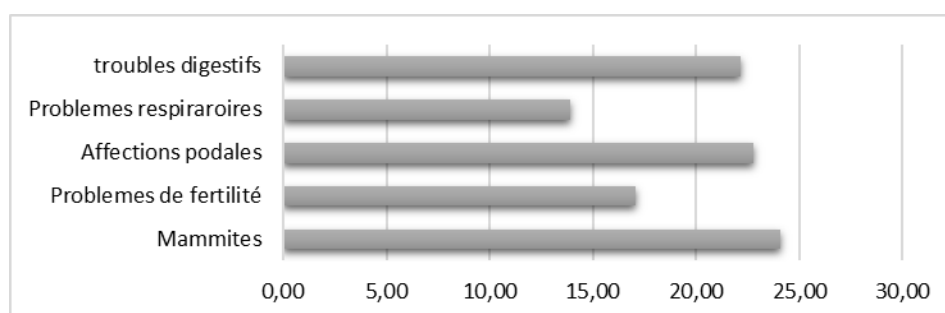
Les résultats présentés dans le tableau 24 montrent une forte variation saisonnière des performances de production des vaches laitières. En effet, la production laitière journalière maximale a été enregistrée durant la saison printanière avec une moyenne de 18,37 l/vache/jour. Alors que les plus faibles quantités de lait produites par vache ont été enregistrées pendant la saison hivernale avec une moyenne de 10,96 l/vache/jour (Tableau 25).

Tableau 25: Variation saisonnière de la production laitière dans les élevages enquêtés

Saisons	Production laitière l/vache/jour		
	Minimum	Moyenne	Maximum
Printemps	15,22	18,37 ± 5,95	21,53
Été	10,42	12,73 ± 4,41	15,05
Automne	10,74	13,13 ± 4,70	15,53
Hiver	8,44	10,96 ± 4,43	13,48
Annuelle	11,20	13,80 ± 4,87	16,40

3.8 Problèmes de santé

Concernant l'état de santé des animaux, les mammites, les affections podales et les troubles digestifs constituent les principaux problèmes de santé rencontrés dans les fermes visitées avec des taux respectifs de 24%, 23%, et 22%. Des problèmes de fertilité sont constatés dans 17% des élevages. De plus, des difficultés respiratoires sont rencontrées dans 14% fermes visités (Figure 22).

**Figure 22: Distribution des exploitations selon les principaux problèmes de santé des vaches**

3.9 Typologie structurelle des exploitations enquêtées

L'approche typologique, appliquée méthodologiquement pour analyser le fonctionnement des exploitations agricoles, constitue un outil efficace permettant de représenter et de simplifier une réalité souvent complexe (Anderson *et al.*, 2007). Le choix d'un système de production bovine en milieu semi-aride repose sur de nombreux facteurs interconnectés, incluant des aspects techniques, sociaux, environnementaux et économiques, rendant l'ensemble difficile à appréhender. Dans ce contexte, marqué par diverses contraintes locales, il est pertinent de considérer que les éleveurs bovins de la

région adoptent des stratégies de gestion de leurs troupeaux à travers des décisions et des pratiques visant à répondre à la fois à des impératifs économiques et techniques (Bir, 2015).

3.9.1 L'Analyse des correspondances multiples

La construction de la typologie repose sur une analyse des correspondances multiples (ACM) menée avec le logiciel « SPAD » version 5.5. Cette technique, permet de révéler les liens existants entre les modalités des variables. Pour ce faire, les données quantitatives et qualitatives ont été converties en modalités afin de s'adapter aux exigences de l'analyse. Ainsi, les 16 variables sélectionnées ont été décomposées en un total de 61 modalités (Annexe 9).

Tableau 26: Variables actives retenues pour l'analyse en correspondances multiples

Variable	Symbole	Modalité	Nombre d'exp
Superficie agricole totale	SAT	$1 < 1 \text{ ha}$	16
		$1 \text{ ha} \leq 2 \leq 25 \text{ ha}$	98
		$25 \text{ ha} < 3 \leq 50 \text{ ha}$	18
		$4 > 50 \text{ ha}$	14
Superficie agricole utile	SAU	$1 < 1 \text{ ha}$	16
		$1 \text{ ha} \leq 2 \leq 25 \text{ ha}$	106
		$25 \text{ ha} < 3 \leq 50 \text{ ha}$	16
		$4 > 50 \text{ ha}$	8
Proportion des cultures fourragères par rapport à la SAU	SF%	$1 < 1 \%$	94
		$1 \% \leq 2 \leq 25 \%$	22
		$25 \% < 3 \leq 50 \%$	25
		$50 \% < 4 \leq 100 \%$	5
Part des cultures céréalières dans la SAU	SC%	$1 < 1 \%$	25
		$1 \% \leq 2 \leq 25 \%$	2
		$25 \% < 3 \leq 50 \%$	11
		$50 \% < 4 \leq 100 \%$	108
Proportion des terres irriguées dans la SAU	SAUI%	$1 < 1 \%$	61
		$1 \% \leq 2 \leq 25 \%$	12
		$25 \% < 3 \leq 50 \%$	69
		$50 \% < 4 \leq 100 \%$	44
Unité de Travailleur Humain	UTH	$1 \geq 1 \leq 3$	134
		$3 > 2 \leq 10$	10
		$10 > 3 \leq 20$	2
Proportion de vaches laitières dans l'effectif bovin	VL%	$1 < 1 \%$	0
		$1 \% \leq 2 \leq 25 \%$	5
		$25 \% < 3 \leq 50 \%$	52
		$50 \% < 4 \leq 100 \%$	89
	UGBB/UGBT	$1 < 1 \leq 10$	0

Variable	Symbole	Modalité	Nombre d'exp
UGB Bovin/UGB Total		$10 < 2 \leq 20$	1
		$20 < 3 \leq 50$	8
		$4 > 50$	137
Unité de gros bétail bovin	UGBB	$1 < 1 \leq 10$	74
		$10 < 2 \leq 20$	50
		$20 < 3 \leq 50$	20
		$4 > 50$	2
Unité de gros bétail total	UGBT	$1 < 1 \leq 10$	65
		$10 < 2 \leq 20$	42
		$20 < 3 \leq 50$	31
		$4 > 50$	8
Chargement	CH	$1 \leq 1 \leq 25$ UGB/ha	95
		$25 < 2 \leq 50$	50
		$50 < 3 \leq 100$	1
Effectif ovin	OV	$1 \leq 1$	90
		$1 < 2 \leq 50$	40
		$50 < 3 \leq 100$	9
		$4 > 100$	7
Effectif caprin	CP	$1 \leq 100$	114
		$2 > 100$	32
Zone	Z	1 : Nord	63
		2 : Centre	60
		3 : Sud	23
Production laitière journalière par vache	PL (kg/j)	$1 < 1 \leq 10$	26
		$10 < 3 \leq 20$	110
		$20 < 3 \leq 30$	9
		$4 > 30$	1
Races exploitées	RC	M: Montbéliarde	18
		P : Prim'holstein	3
		C : croisée	11
		L : Locale	20
		M et P	63
		M et L,P et L	31

3.9.2 Représentativité des facteurs identifiés par l'ACM

D'après le tableau des valeurs propres, les six axes premiers cumulent plus de 53 % de l'information (Tableau 27). Sur le plan graphique, les deux premiers axes, 1 et 2, sont illustrés, puisqu'ils représentent à eux seuls 25,05 % de l'information, répartis en 15,32 % pour l'axe 1 et 9,73 % pour l'axe 2. Afin d'analyser et de caractériser les axes factoriels, il est essentiel d'étudier la contribution des modalités sur les deux premiers axes. Cette analyse permet de déterminer si une variable est adéquatement représentée sur chaque axe, ainsi que d'identifier celles qui expliquent le mieux ces

axes. Pour l'axe 1, les variables les plus discriminantes sont associées à la taille des exploitations et la gestion des terres, telles que l'UGB total, la proportion des cultures fourragères dans la SAU et l'UGB bovin. En revanche, le pouvoir discriminant le plus important pour l'axe 2 est attribué à deux variables à savoir la SAU et la pratique de l'irrigation.

Tableau 27: Valeurs propres et pourcentages cumulés des axes factoriels

Numéro	Valeur propre	Pourcentage	Pourcentage cumulé
1	0,3523	15,32	15,32
2	0,2238	9,73	25,05
3	0,1793	7,80	32,85
4	0,1724	7,50	40,35
5	0,1577	6,86	47,20
6	0,1384	6,02	53,22

3.9.3 Groupes d'exploitations identifiés

Une Classification Hiérarchique Ascendante a été réalisée en prenant en compte les six premiers axes factoriels afin de constituer des groupes d'exploitations ayant des caractéristiques semblables de point de vue de la structure de l'exploitation, des spéculations culturales et d'élevage. L'analyse a permis d'identifier quatre groupes bien distincts selon la structure des (Figure 23 et Annexe 10).

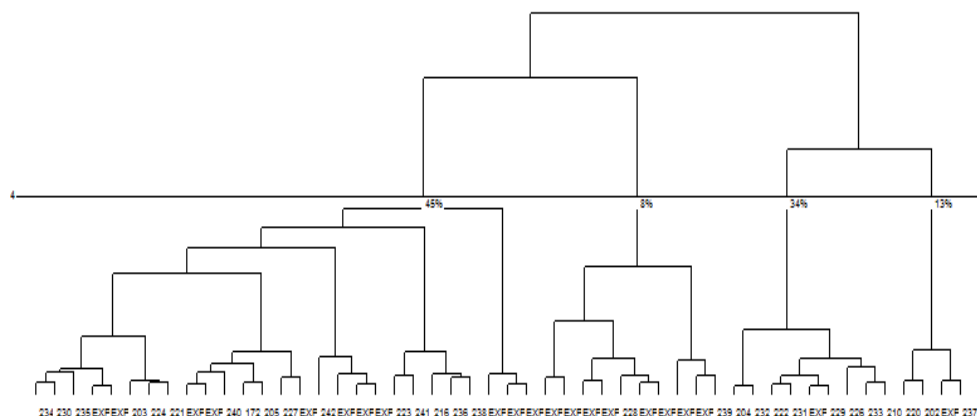


Figure 23: Dendrogramme des types des exploitations

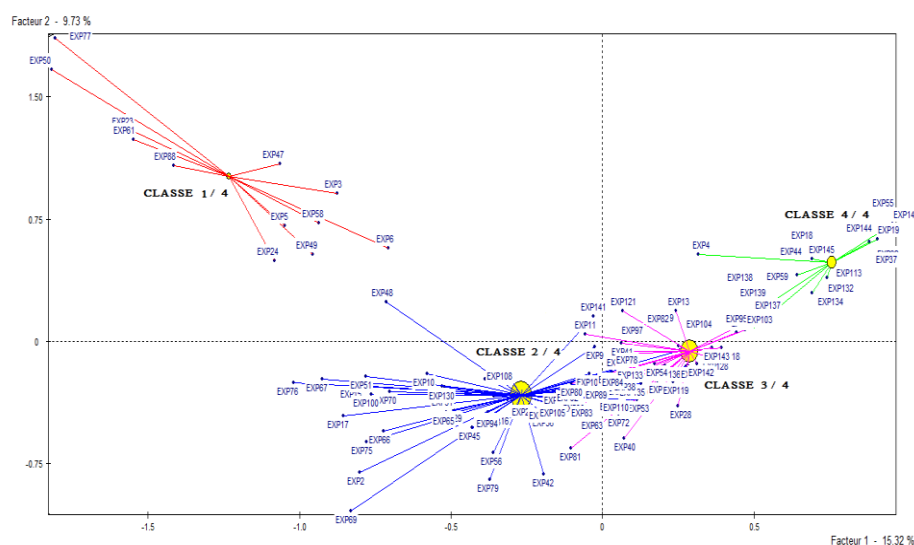


Figure 24: Parangons des différents groupes d'exploitations identifiés dans la zone d'étude

Le Tableau 28 récapitule les principales caractéristiques des quatre groupes d'exploitations agricoles identifiés.

Tableau 28: Caractéristiques des élevages bovins enquêtés selon les différents groupes identifiés par analyse typologique

	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	P-value
SAT	130,25 ± 76,91 _a	19,4 ± 15,76 _b	12,55 ± 12,19 _{b,c}	1,73 ± 1,2 _c	0,0001
SAU	87,08 ± 72,87 _a	14,87 ± 11,64 _b	9,07 ± 10,3 _b	1,52 ± 1,3 _b	0,0001
SF	14,73 ± 11,45 _{a,b}	2,52 ± 1,37 _b	0,70 ± 0,15 _{b,c}	0 ± 0 _c	0,0005
SC	62,18 ± 26,12 _b	11,96 ± 2,71 _a	8,13 ± 1,87 _{a,b}	0 ± 0 _c	0,0001
SAUI	25,18 ± 19,61 _{a,b}	6,97 ± 4,69 _a	3,79 ± 4,35 _a	0 ± 0 _b	0,0001
UTH	5,83 ± 4,06 _a	2,06 ± 1,09 _b	1,46 ± 0,84 _b	1,34 ± 0,57 _b	0,0001
VL%	57,05 ± 19,13 _a	61,37 ± 19,49 _a	52,96 ± 15,47 _a	58,91 ± 13,15 _a	0,0911
Effectif ovin	109,16 ± 85 _a	24,14 ± 17,5 _b	3,34 ± 1 _c	2,69 ± 1 _{b,c}	0,0001
Effectif caprin	8,16 ± 1,3 _a	3,24 ± 6,59 _b	0,16 ± 0,55 _{b,c}	0,65 ± 0,2 _c	0,0001
PL(kg/vl/j)	14,82 ± 6,34 _a	14,7 ± 4,41 _a	13,1 ± 4,42 _a	12,27 ± 2,93 _a	0,0701
UGBB	59,78 ± 23,12 _a	16,41 ± 7,67 _b	7,14 ± 1,84 _b	9,01 ± 4,24 _b	0,0001
UGBT	77,38 ± 25,97 _a	20,52 ± 9,54 _b	7,66 ± 1,8 _b	9,51 ± 4,35 _b	0,0001
UGBB/UGBT	65,97 ± 30,56 _c	82,43 ± 19,39 _b	93,68 ± 12,31 _a	95,95 ± 11,91 _a	0,0001
Chargement	5,25 ± 2,27 _a	8,15 ± 6,95 _a	10,95 ± 1,65 _b	0 ± 0 _b	0,0006

Zone	Sud	Sud-centre	Centre-nord	Nord	-
Races	BLM+BLA	BLM	BLM	BLL+BLM	-

^{abc} Différence significative entre les valeurs d'une même ligne ($p \leq 0,05$)

Groupe 1 : Grandes exploitations à vocation céréalière associée à l'élevage bovin laitier et ovin

Ce groupe comprend 12 exploitations, soit 8,22 % de l'échantillon étudié. Ce sont des exploitations possédant une SAU moyenne de 87,08 ha dont la spéculation dominante est la céréaliculture qui occupe 62,18 ha soit 71,4 % de la SAU. Les cultures fourragères conduites en irriguées représentent 16,91 % de la SAU soit 14,73 ha. Ils regroupent une minorité d'éleveurs les plus performants, principalement situés dans la région sud de la wilaya. La main-d'œuvre est principalement salariale. La diversification des cultures et de l'élevage induit pour ce type un nombre de travailleurs importants avec une moyenne de 6 ± 4 UTH. L'irrigation touche pratiquement 29% de la SAU soit une surface de 25,18 ha

La taille moyenne des troupeaux est de l'ordre $77,38 \pm 25,97$ UGB. Elle est essentiellement constituée des bovins avec une moyenne de 59,78 UGB soit rapport UGB bovins/UGB total relativement important (65,97 %). L'effectif bovin est principalement constitué de vaches laitières qui représentent $57,05 \pm 19,13$ % du troupeau. Ces vaches affichent les meilleures performances de production, avec une production quotidienne moyenne de lait de $14,82 \pm 6,34$ kg/vl. Le troupeau bovin est associé à l'élevage ovin. Ce dernier présente un effectif moyen de $109,16 \pm 85$ têtes. L'élevage ovins assure une valorisation des chaumes et de la paille et constitue un complément de revenu pour les agriculteurs. Malgré la présence des surfaces fourragères, le chargement animal est élevé (5,25 UGB/ha SFP). En ce qui concerne les races exploitées, ce groupe se distingue par la prédominance de la race Montbéliarde ainsi que des races bovines améliorées, issues de croisements entre le bovin moderne et le bovin local (Figure 24 et Tableau 28).

Groupe 2 : Exploitations de tailles moyennes à vocation céréalière et bovin laitier

Ce groupe comprend le plus grand nombre d'exploitations, avec 62 élevages soit 42,46 % de l'échantillon d'étude. Elles sont localisées majoritairement dans les régions sud et centre de la zone étudiée. Les exploitations appartenant à ce groupe présentent

une SAU moyenne de $14,87 \pm 11,64$ ha, dont $80,45 \pm 23,25$ % est dédiée aux cultures céréalières (soit 11,96 ha), tandis qu'une proportion de $16,94 \pm 11,8$ % de cette surface est réservée aux cultures fourragères (soit 2,52 ha). L'irrigation est pratiquée à grande échelle avec en moyenne 6,97 ha soit 46,86 % de la SAU. Elle touche essentiellement les cultures fourragères et présente aussi des apports d'appoint en périodes sèches pour la céréaliculture ((Figure 24 et Tableau 28).

Le troupeau bovin est de taille moyenne ($16,41 \pm 7,67$ UGB). La part des vaches laitières représente 60 % de l'effectif total ce qui témoigne de l'orientation de l'élevage vers la production laitière. Les races élevées sont principalement composées de bovins laitiers modernes, telles que la Montbéliarde et la Prim'Holstein. Ces vaches affichent des performances de production laitières relativement faibles par rapport aux potentialités des races, avec une production quotidienne moyenne de lait de 14,7 kg/vl. On note aussi la présence d'effectifs réduits d'ovins et de caprins avec respectivement $24,14 \pm 17,5$ et $3,24 \pm 6,59$ têtes. Pour le chargement animal, il est relativement très élevé avec une moyenne de 8,15 UGB/ha. Vue la nature de ce groupe, la main-d'œuvre est essentiellement familiale avec une moyenne de 2,06 UTH.

Groupe 3 : Petites exploitation à vocation céréalière et élevage bovin

Ce type est constitué de 49 exploitations (soit 33.56 % de l'échantillon d'étude). La superficie agricole utile moyenne est de $9,07 \pm 10,3$ ha. La céréaliculture occupe 89,63% de la SAU est consacrée à la céréaliculture. Quant aux cultures fourragères, elles présentent uniquement $7,71 \pm 1,5$ % la SAU. De sa part, l'irrigation couvre $41,75 \pm 42,21$ % de la SAU soit un peu plus de 3,79 ha. Ce groupe se distingue par un nombre d'animaux relativement faible, avec un effectif bovin moyen de $7,14 \pm 1,84$ UGB. Le chargement animal est de 10,95 UGB/ha. En ce qui concerne la proportion de vaches laitières dans le troupeau bovin, elle représente $52,96 \pm 15,47$ %. Comparativement aux autres groupes, la production laitière moyenne est estimée à $13,1 \pm 4,42$ kg/vl/j (Figure 24 et Tableau 28).

Groupe 4 : Exploitations de type élevage bovin laitier en hors sol :

Ce type est constitué de 23 exploitations soit 15,75 % de l'échantillon d'étude. Ces exploitations sont principalement situées dans la région nord de la wilaya de Sétif, qui est une zone montagneuse avec des terrains plus ou moins accidentés. En raison de ces conditions topographiques, les superficies cultivées sont généralement faibles, avec

une moyenne de $1,52 \pm 1,3$ ha. La main d'œuvre est familiale. Aucune superficie n'est allouée à la production fourragère ou céréalière, ce qui engendre une forte dépendance vis-à-vis des ressources alimentaires extérieures. L'UGB bovin moyen dans ce groupe est de $9,01 \pm 4,24$, et le rapport UGB bovin/UGB total est élevé (95,95 %), ce qui signifie qu'il y a une prédominance quasi totale des bovins dans les troupeaux. En termes de performance laitière, les vaches de ce groupe affichent les rendements les plus faibles, avec une production moyenne de $12,27 \pm 2,93$ kg/vl/j, ce qui peut être attribué aux faibles performances génétiques des races exploitées, dominées par le bovin laitier local (Figure 24 et Tableau 28).

4. Discussion

L'atelier bovin se distingue comme l'une des activités principales au sein de l'exploitation agricole dans la région semi-aride de Sétif. Cette région dispose d'une superficie agricole utilisée (SAU) de 365 285 ha, représentant 79,43% de la surface agricole totale (459 846 ha). Les prairies naturelles, situées principalement le long des cours d'eau, ne couvrent que 0,42% de la SAT. En revanche, les cultures fourragères occupent une superficie limitée de 18 387 hectares, soit seulement 5,03% de la SAU, ce qui est insuffisant pour répondre aux besoins du cheptel bovin estimé à 139 436 têtes, dont 66 051 vaches laitières (DSA, 2022).

La diversité caractérise la structure génétique des vaches dans la région, avec 34,54% appartenant à la catégorie du bovin laitier moderne (BLM) et 65,45% étant des vaches laitières améliorées et locales (BLA, BLL), (DSA, 2022). Les vaches de race montbéliarde semblent mieux adaptées aux conditions d'élevage de la région, ce qui explique la préférence des éleveurs pour cette race (représentant 51,05% des races exploitées). Cette préférence pour la race montbéliarde a également été observée dans d'autres régions telles que Tizi-Ouzou, selon Kadi (2007) ; Bouzida *et al.*, (2010) ; Sétif par Mansour et Abbas (2015), et Madani et Mouffok (2008).

La majorité des éleveurs visités, soit 75,5 %, étaient exclusivement dédiés à l'élevage bovin, tandis que 24,5 % avaient d'autres activités économiques non agricoles et considéraient l'élevage comme une activité secondaire pour compléter leurs revenus. En ce qui concerne le type de production, 34 % des exploitants sont spécialisés dans la production laitière, tandis que les 66 % restants ont optés pour des systèmes de

production mixtes lait-viande. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés dans la région de Sétif par Semara *et al.* (2018) ainsi que par Mouffok (2014), qui ont noté une diminution de la proportion d'exploitations spécialisées dans la production laitière dans la région de Sétif. Les éleveurs de bovins qui avaient opté pour la spécialisation laitière reviennent maintenant vers des systèmes mixtes en raison de la rentabilité limitée du lait en tant que produit principal, surtout après l'augmentation des prix des aliments concentrés.

Les systèmes d'élevage peu spécialisés présentent une forte instabilité et des tendances fluctuantes, principalement en raison de la structure des exploitations, qui comptent en moyenne 11 vaches. Cette instabilité pousse les éleveurs à vendre une partie de leur troupeau pour faire face à des difficultés économiques, un phénomène de décapitalisation qui leur permet de préserver leurs vaches les plus productives et de maintenir un certain niveau de production. Dans la région de Sétif, Bir (2019) a observé que la vente de bovins, en particulier ceux destinés à l'engraissement, constitue une stratégie adoptée par les éleveurs en période de disette pour financer l'alimentation du troupeau.

Selon Belhadia *et al.* (2014) Dans le périmètre irrigué du Haut-Cheliff, la majorité des élevages bovins fonctionnent selon un modèle mixte viande-lait, où la production laitière est reléguée à un rôle secondaire. La production de viande devient ainsi une activité aussi importante, voire prédominante, au point que le lait peut être perçu comme un sous-produit. Cette tendance rejoint les observations faites par Srairi et El Khattabi (2001) dans le périmètre irrigué du Gharb au Maroc, où les éleveurs adoptent des stratégies similaires de décapitalisation pour faire face aux aléas économiques et préserver la rentabilité de leur cheptel.

D'après l'évaluation des performances laitières, la production quotidienne moyenne de lait par vache s'élève à 13,67 kg, ce qui est considéré comme particulièrement faible en comparaison avec le potentiel génétique des races élevées dans ces exploitations. Cette situation est attribuée à plusieurs facteurs, notamment la mauvaise adaptation de ces races aux conditions climatiques locales, le manque d'aliments appropriés et la rareté de la diversification des fourrages verts, ainsi qu'une gestion défaillante de l'élevage et un manque d'expertise technique (Djermoun et Benziouche, 2017 ; Makhoul et Montaigne, 2017). Néanmoins, cette production est

légèrement supérieure à celle rapportée par Laribi *et al.* (2023) dans la région de Mitidja, qui était de 12,12 kg/vache/jour. En revanche, Belkheir *et al.* (2015) ont observé une production moyenne plus élevée de 14,4 kg/vache/jour dans la région de Tizi-Ouzou. De son côté, Bir (2019) a estimé un rendement laitier annuel moyen de 4 054 kg par vache, soit une moyenne journalière de 13,29 kg/vache. Malgré ces variations, la wilaya de Sétif demeure en tête en termes de production laitière, avec plus de 234 millions de litres, représentant 6,70 % de la production nationale. Toutefois, la quantité de lait collectée atteint seulement environ 86 millions de litres, ce qui correspond à un taux de collecte de 36,86 % (DSA, 2022).

La maîtrise de la reproduction dans les élevages pose des défis, notamment avec une tendance à l'augmentation de l'intervalle entre les vêlages en fonction de la taille du troupeau. Les petites exploitations, qui adoptent fréquemment l'insémination artificielle, présentent des intervalles plus courts, tandis que les grandes exploitations préfèrent l'utilisation de taureaux reproducteurs, entraînant des écarts plus longs entre les vêlages. Cette situation conduit à une proportion plus élevée de jours à faible productivité par rapport aux jours à forte productivité. Cela se reflète dans l'ensemble du cheptel algérien, Selon l'étude menée par Ghazlane *et al.* (2010), l'allongement de l'intervalle entre deux vêlages est principalement attribué à une détection inefficace des chaleurs et à une planification inadéquate de l'insémination, particulièrement manifestes dans les grands élevages. De plus, Belhadia *et al.* (2014) ont constaté une situation similaire dans les élevages laitiers du Haut-Chéliff, où la gestion de la reproduction était déficiente dans l'ensemble des exploitations, avec des écarts entre deux vêlages dépassant souvent une année. Cette gestion inadéquate de la reproduction est aggravée par l'absence de politiques de réforme, ce qui contribue à la détérioration de la qualité et de la productivité du cheptel. En Tunisie, Selon Hammami *et al.* (2011), la faible performance des élevages laitiers hors sol s'explique non seulement par une gestion alimentaire insuffisante, liée à la rareté et au coût élevé des aliments, mais aussi par des lacunes importantes dans la gestion de la reproduction des femelles.

L'analyse typologique a permis d'identifier et de caractériser plusieurs catégories d'élevages bovins laitiers dans la région de Sétif. Les modes d'élevage adoptés peuvent expliquer la répartition géographique des différents types d'élevages bovins identifiés. En général, la plupart des éleveurs n'avaient pas les installations d'élevage appropriées et ne géraient pas leurs troupeaux de manière adéquate.

Le deuxième groupe, largement réparti dans la zone d'étude, se caractérise par des exploitations de taille moyenne où les vaches laitières de races modernes occupent une part importante au sein du troupeau bovin, reflétant une forte orientation vers la production laitière. Les bovins prédominent au sein de ces élevages, avec une diversité limitée en termes d'autres espèces animales. Bien que la surface dédiée aux cultures fourragères soit la plus importante parmi les groupes identifiés, elle demeure relativement faible par rapport aux besoins alimentaires d'un troupeau majoritairement composé de vaches laitières modernes. Cette situation est particulièrement préoccupante car les conditions climatiques et topographiques de la région rendent difficile la culture du fourrage sur une longue période de l'année. Les éleveurs de ce groupe ont des terres limitées et les quantités de fourrage produites semblent insuffisantes pour obtenir un rendement laitier convenable.

Cette circonstance oblige les éleveurs à utiliser des quantités excessives de concentré à des prix exorbitants, distribués de manière irrationnelle. Cela peut avoir des effets préjudiciables sur la viabilité économique de ces élevages. Plusieurs études ont montré les avantages de la combinaison de cultures et d'élevage en termes de durabilité des exploitations agricoles (Dumont *et al.*, 2021). En effet, Les exploitations les plus couplées sont également celles qui présentent les meilleures performances économiques (Martel *et al.*, 2017).

La répartition des terres agricoles revêt une importance accrue dans le premier groupe, principalement situé dans le périmètre irrigué de la région d'étude. Grâce à la production fourragère, Les exploitations de grande taille pourraient adopter des systèmes d'élevages plus spécialisés et durables, favorisant ainsi l'autosuffisance alimentaire. Ce type d'exploitation a été identifié dans la région de Sétif par Bir (2019), qui met en évidence un troupeau bovin majoritairement orienté vers la production laitière, avec 63 % de vaches laitières et un taux d'autosuffisance alimentaire relativement élevé, estimé à 67,4 %. En outre, les exploitations situées dans la région sud affichent une orientation marquée vers la production de fourrages irrigués, enregistrant le taux le plus élevé du rapport cultures fourragères/SAU. Ces tendances rejoignent les observations de Benniou *et al.* (2014), qui soulignent que, dans cette même région, l'irrigation est principalement consacrée aux céréales secondaires à vocation fourragère.

Par ailleurs, il convient de noter que la majorité des exploitations des groupes identifiés considèrent la culture du fourrage comme une activité secondaire. Ces observations rejoignent celles faites par Mansour et Abbas (2015) dans la région semi-aride de Sétif, où les élevages laitiers dépendent de pâturages pauvres et l'approvisionnement en aliments verts n'est possible qu'au printemps par le pâturage sur les prairies naturelles. Une situation similaire est observée dans la wilaya de Souk-Ahras (Yozmane *et al.*, 2019) ainsi que dans la wilaya de Sétif (Bir, 2019), où les terres consacrées à la production fourragère ne représentent respectivement que 22,24 % et 16 % de la SAU. Ces cultures sont confrontées à des défis majeurs tels que les contraintes hydriques et foncières, ainsi que l'absence d'une stratégie d'irrigation appropriée. Cette circonstance a fait qu'une grande partie de la production laitière repose sur des aliments concentrés.

Nos observations mettent en évidence que les cultures fourragères sont fortement impactées par des contraintes hydriques et foncières, aggravées par l'absence d'une stratégie d'irrigation adaptée. Ces limitations ont conduit à une dépendance accrue de la production laitière aux aliments concentrés, réduisant ainsi l'autonomie alimentaire des exploitations et augmentant leurs coûts de production. D'après Semara *et al.* (2018) et Bir (2019) dans la région de Sétif, ces contraintes climatiques ont significativement influencé la structure des exploitations agricoles, entraînant une diminution de la taille des troupeaux ainsi qu'une baisse du niveau de spécialisation de l'élevage. Toutefois, dans cette même région semi-aride, Benniou (2009) a démontré que la disponibilité de l'eau d'irrigation peut favoriser une dynamique agricole plus diversifiée, permettant ainsi aux agriculteurs d'intégrer plus efficacement l'élevage bovin à leur système de production.

5. Conclusion et perspectives

La région semi-aride de Sétif se caractérise par une grande diversité de situations d'élevage bovin laitier. Cette diversité peut s'expliquer par la disponibilité des terres agricoles, qui reflètent la structure économique de l'exploitation ainsi que par les stratégies adoptées par les éleveurs pour nourrir leurs troupeaux. À travers une analyse typologique, quatre types d'élevage ont été identifiés. La majorité des exploitations enquêtées sont de petite taille et ne possèdent généralement pas de terres ou disposent de surfaces fourragères insuffisantes pour obtenir un rendement laitier suffisant. En

outre, les formes d'élevage les plus performantes en termes de terres, de taille et de gestion alimentaire sont regroupées dans la première et la deuxième catégorie, mais même ces exploitations n'atteignent pas le potentiel d'un système laitier intensif et performant. Ces défis soulignent la nécessité de mieux comprendre le degré d'autonomie alimentaire des exploitations, particulièrement en ce qui concerne la gestion de la production fourragère. Une telle compréhension est essentielle pour évaluer dans quelle mesure ces exploitations peuvent réduire leur dépendance aux intrants externes et optimiser l'utilisation de leurs ressources internes, afin de développer une production laitière plus durable, efficace et résiliente face aux aléas économiques et environnementaux.

Un support technique doit apporter aux éleveurs pour l'orienter vers une meilleure maîtrise des systèmes fourragers et de mettre à jour leurs connaissances sur la gestion des troupeaux laitiers pour une bonne utilisation des ressources disponibles. Le développement de l'élevage bovin laitier est étroitement lié à l'intensification et à la diversification des cultures fourragères tout en valorisant les matières premières locales. Il est également important de produire des génisses pour maintenir un cheptel performant, réduisant ainsi le besoin d'importer des animaux et favorisant l'amélioration de la race locale. Assurer une gestion efficace de la reproduction par l'amélioration des techniques de détection des chaleurs, Un rationnement rigoureux pendant les premières semaines de lactation durant laquelle la fonction de reproduction est particulièrement sensible aux déséquilibres nutritionnels et aux troubles métaboliques ; assurer des bonnes conditions d'hygiène et de prophylaxie afin de réduire la fréquence des maladies et la lutte précoce contre toutes les pathologies qui diminuent la fertilité.

Ces mesures contribuent donc à améliorer la productivité et la durabilité de l'élevage bovin laitier et offre l'avantage de réaliser des économies de devises par le biais de la réduction des importations, tout en fournissant une protection contre les fluctuations du marché mondial grâce à la production nationale.

CHAPITRE II : DIAGNOSTIC DES SYSTEMES D'ALIMENTATION ET DE L'AUTONOMIE ALIMENTAIRE

6. Introduction

En Algérie, le secteur de l'élevage fait face à un déficit fourrager critique, évalué à 7,3 milliards d'unités fourragères pour un besoin total de 13,3 milliards d'UF, soit un taux de couverture de 45 % (Ladjali et Tayeb Bey, 2016). Cette insuffisance a des répercussions majeures sur la production animale, entraînant une baisse des rendements et une augmentation des coûts de production (Laouar et Abdelguerfi, 2006). Cette situation favorise également une dépendance croissante aux importations de produits animaux (Merdjane et yakhlef, 2016). Ce déséquilibre résulte en grande partie de la marginalisation de la culture fourragère au sein des exploitations agricoles, où elle est souvent reléguée au second plan au profit des cultures céréalières et maraîchères, considérées comme plus rentables à court terme (Ghozlane *et al.*, 2021 ; Boukhechem *et al.*, 2019).

En l'élevage laitier, l'alimentation représente le poste de dépense le plus important. Pour réduire ces coûts et assurer la traçabilité et la qualité des produits, les éleveurs doivent adopter une stratégie d'autonomie alimentaire en produisant leurs propres fourrages et en valorisant les co-produits agricoles. Cette approche consiste à limiter les achats d'aliments externes, notamment en fourrages, ce qui permet de mieux contrôler les dépenses de production (Kadi et Djellal, 2009). D'après (Faux, 2022), au moins 60 % de la matière sèche consommée doit provenir de l'unité de production elle-même, ce qui vise à réduire la vulnérabilité des exploitations face aux fluctuations des prix et à renforcer leur résilience.

La diversification des cultures fourragères, la conservation et le stockage des fourrages, ainsi que l'utilisation des résidus de récolte, contribuent au renforcement de l'autonomie alimentaire. Toutefois, la manière dont ces stratégies sont mises en œuvre peut considérablement varier d'une exploitation à l'autre, selon ses infrastructures, ses ressources disponibles et ses pratiques établies (Ghozlane, 2018).

Ce chapitre vise à la fois de dresser un diagnostic sur les disponibilités et les pratiques alimentaires, d'évaluer les différents niveaux d'autonomie alimentaire des exploitations et de déterminer les principaux déterminants de variation de cette autonomie.

7. Matériels et méthodes

7.1 Nature et origine des données

L'analyse repose sur des données collectées en 2022 auprès de 146 exploitants. Les informations utilisées concernent principalement les caractéristiques structurelles des exploitations, leurs modes de fonctionnement, les pratiques de conduite et de gestion des systèmes alimentaires et fourragers.

7.2 Calcul de l'autonomie alimentaire

L'autonomie alimentaire (A) est le rapport entre les aliments produits sur l'exploitation (P) et la consommation totale (C) de fourrages et d'aliments, cela implique que $A = P / C$. Cette consommation totale inclut à la fois les aliments produits sur l'exploitation et consommés par le bétail (autoconsommés) et les aliments achetés (AA), soit $C = P + AA$. Par conséquent, l'autonomie alimentaire peut être représentée par la formule $A = [1 - (\text{aliments achetés} / \text{consommation totale})] \times 100$ (Paccard et al. 2003). Elle est exprimée en pourcentage et peut être décliné selon leur composition en matière sèche (DM), leur valeur énergétique (exprimée en Unité Fourragère - UF) et leur valeur protéique (exprimée en grammes de Protéines Digérées dans l'Intestin Grêle - g de PDI). Les coefficients d'autonomie s'appliquent aux fourrages (A_{MSf}) ainsi qu'aux concentrés (A_{MSC}), définis respectivement par, $A_f = [1 - (\text{fourrages achetés} / \text{consommation de fourrages totale})] \times 100$; $A_c = [1 - (\text{concentrés achetés} / \text{consommation de concentrés totale})] \times 100$. L'évaluation de l'autonomie s'étend aussi aux critères énergétiques et protéiques, ajoutant ainsi six autres indicateurs (A_{UFLt} , A_{UFLf} , A_{UFLc} , A_{PDIt} , A_{PDIf} et A_{PDIC}).

Les valeurs nutritionnelles des fourrages et concentrés achetés utilisés dans nos calculs se réfèrent aux tableaux de l'INRA (2018). La consommation peut également être estimée à partir des besoins théoriques du troupeau. Selon Paccard *et al.* (2003), il est plus précis d'estimer les ingestions et besoins totaux que d'évaluer la production de fourrage des exploitations : la quantité et la composition des fourrages stockés sont bien connues, mais l'évaluation de la production de pâturage est beaucoup plus difficile. Cette méthode n'est pas applicable dans notre étude car elle suppose que les animaux sont nourris de manière à satisfaire tous leurs besoins, ce qui est loin d'être le cas dans nos exploitations où la ration des animaux est souvent insuffisante. Les besoins

journaliers en matière sèche, en énergie et en protéines ont été calculées selon les recommandations de l'INRA (2018).

7.3 Calcul de l'efficacité alimentaire

L'efficacité alimentaire chez la vache laitière est calculée en fonction de la quantité de lait produite par rapport à la quantité de matière sèche ingérée (Hall, 2004 ; Phocas *et al.*, 2014). La formule utilisée est la suivante :

$$EA = \text{Quantité de lait produite (kg)} / \text{Quantité de matière sèche ingérée (kg)}$$

Selon Linn (2006), l'efficacité alimentaire d'une vache laitière peut varier entre 1,0 et 2,0 au cours de la lactation. Une efficacité inférieure à 1,2 est considérée comme mauvaise, tandis qu'une valeur comprise entre 1,2 et 1,4 est qualifiée de moyenne. Une bonne efficacité alimentaire se situe au-delà de 1,4 et une efficacité excellente est atteinte lorsque ce ratio dépasse 1,6 (Carjot, 2013).

7.4 Traitement des données

Les données sont traitées à l'aide des logiciels Microsoft Office Excel 2013. Dans un premier temps, une analyse statistique descriptive a été effectuée (moyennes, écarts types) permettant de caractériser les exploitations en fonction de leurs pratiques alimentaires (types de fourrages cultivés, aliments achetés, nature des concentrés utilisés) et de leur niveau d'autonomie alimentaire, exprimé en matière sèche (AMSt, AMSf, AMSc), en unités fourragères lait (AUFLt, AUFLf, AUFLc) et en protéines digestibles intestinales (APDI_t, APDI_f, APDI_c).

Ensuite, une typologie des exploitations a été élaborée grâce à une analyse en composantes principales effectuée avec le logiciel « SPAD » version 5.5. Cette méthode statistique multivariée a permis d'identifier les principaux axes de variation structurant les exploitations agricoles selon leur degré d'autonomie alimentaire. Dans un second temps, une analyse de régression linéaire a été mise en œuvre afin d'évaluer la relation entre les autonomies alimentaires (AMSt, AMSf, AMSc, AUFLt, AUFLf, AUFLc, APDI_t, APDI_f et APDI_c) et les variables spécifiques aux caractéristiques des exploitations agricoles telles que : la surface agricole utile (SAU), les surfaces en céréales (SC) et en fourrages (SF), l'UGB, la charge animale (CHA), la production laitière par vache (PL), le pourcentage de vaches laitières par rapport au total d'UGB (%VL/UGB) et le nombre total de vaches laitières (VL). Cette analyse a permis de

mesurer l'impact de chaque facteur sur les niveaux d'autonomie alimentaire et de quantifier leur contribution à la variabilité observée.

8. Résultats

8.1 Disponibilités alimentaires

8.1.1 La production fourragère

La production fourragère en Algérie est de caractère extensif et les ressources fourragères destinées à l'alimentation du bétail sont limitées et largement fournies par les parcours (steppe et forêt), les jachères, les prairies naturelles et les sous-produits céréaliers comme la paille et les chaumes de céréales (Abdelguerfi *et al.*, 2008). L'importance des cultures fourragères est étroitement liée au rôle de l'élevage dans la communauté qui les pratique. La jachère est un élément essentiel des systèmes de productions fourragères dans les régions semi-arides de l'Algérie (Bessaoud *et al.*, 2019).

La culture fourragère est pratiquée par 36,10 % des éleveurs interrogés avec des superficies allant de 0 à 30 ha et une superficie totale de 383 ha. Cette superficie est très faible et représente seulement 14,93 % de la SAU totale. La taille moyenne de ces surfaces est de 2,60 ha. Les fourrages produits dans la moitié des élevages visités (49,31%) sont destinés à la conservation pour assurer l'alimentation du bétail. Le reste des éleveurs pratique cette culture pour la commercialiser. Dans la même région d'étude, Bir *et al.* (2014), rapportent une surface fourragère moyenne de $4,92 \pm 5,79$ ha, soit 16,1 % de la SAU soit 16,1% de la SAU. En revanche, Boudjenouia *et al.* (2008) ont observé une proportion plus faible de sole fourragère, évaluée à 6,9 % de la SAU.

Outre la faible superficie réservée à ces cultures dans les exploitations enquêtées, la diversité des espèces fourragères produites est très limitée. Elle se résume à : l'avoine, la vesce-avoine, la luzerne, le pois fourrager et le maïs fourrager.

Les résultats présentés dans la figure 25 et le tableau 29 montrent que l'avoine constitue la principale espèce fourragère cultivée dans la région d'étude, elle est présente dans 22,45% des exploitations étudiées. La superficie consacrée à ce type de culture englobe 244,5 ha dans l'ensemble des exploitations qui la pratiquent, avec une moyenne de $7,40 \pm 7,18$ ha/exploitation.

La culture de la vesce-avoine n'est pratiquée que par 3 exploitations soit 2,04% de l'ensemble des exploitations enquêtées. Les terres cultivables sont très petites, comprenant 5 ha du total (Tableau 29). La culture mixte vesce-avoine est moins utilisée dans la zone d'étude en raison de sa faible valeur nutritive lorsqu'elle est récoltée tardivement. En effet, les agriculteurs reportent fréquemment la récolte pour produire une plus grande masse végétative. Néanmoins, cette pratique s'accompagne d'une diminution de la valeur nutritionnelle de la vesce-avoine car cette espèce a tendance à perdre ses feuilles qui sont les plus riches en protéines (Bousbaa, 2018).

La luzerne est cultivée par 6,12% des éleveurs interrogés avec une superficie totale de 22 ha et une moyenne de $2,44 \pm 1,50$ ha par exploitation. Cette faible proportion peut être attribuée à la fois au prix élevé et à l'indisponibilité de la semence de luzerne ainsi qu'à la faible compétence des éleveurs en matière de production (Hadbaoui *et al.*, 2020).

La production de pois fourrager est prédominante dans la région nord de la zone d'étude. Il est généralement utilisé pour remplacer la vesce-avoine en raison d'une plus grande productivité du pois fourrager ainsi que de sa grande résistance au changement climatique et surtout au froid, ce qui réduit encore la perte de la valeur nutritive. Cette culture est présente dans 8,16% des exploitations visitées, où elle couvre une superficie totale de 109 ha, ce qui semble important par rapport aux autres cultures fourragères. La taille moyenne de ces surfaces est de $9,08 \pm 5,88$ ha/exploitation.

Le maïs est utilisé comme fourrage vert pour les vaches laitières. Il n'est pratiqué que par 2 éleveurs avec un taux de 1,36 % de l'ensemble des élevages questionnés. Il occupe une surface de 2,5 ha du total.

Le faible intérêt des agriculteurs pour le maïs est le résultat d'un certain nombre de problèmes, notamment la nécessité d'une irrigation intensive, le besoin d'équipements différents de ceux utilisés pour le blé dans la culture et la récolte et la rareté des références techniques relatives à cette culture (Tirichine *et al.*, 2020).

Tableau 29: Cultures fourragères pratiquées dans les élevages enquêtés

Culture fourragère	Superficie totale (ha)	Superficie moyenne par exploitation (ha)
Avoine	244,5	$7,40 \pm 7,18$

Vesce-avoine	5	1,66 ± 1,12
Luzerne	22	2,44 ± 1,50
Pois fourrager	109	9,08 ± 5,88
Maïs fourrager	2,5	1,25 ± 0,64

8.1.2 Le stockage des aliments

Le mode de conservation des aliments constitue un facteur crucial qui peut affecter directement la qualité nutritionnelle des fourrages lors de leur stockage. Certaines conditions de conservation, comme la température et l'humidité, vont favoriser le développement des moisissures et des bactéries, ce qui entraîne la perte de matières sèches et de nutriments des fourrages stockés (Arrigo, 2006).

La majorité des exploitations visitées (75 %) ne possèdent pas d'installation dédiée au stockage, et le fourrage est entreposé à l'extérieur, directement sur le sol. Cette exposition aux conditions climatiques extérieures accélère la dégradation du fourrage, réduisant ainsi sa qualité et sa valeur nutritionnelle. En effet, la pluie peut favoriser l'activité des micro-organismes, et également favoriser la perte de nutriments par lessivage. En revanche, 25 % des éleveurs enquêtés conservent leurs fourrages dans le bâtiment, ce qui permet de limiter les pertes nutritionnelles des aliments stockés. De même, ces fourrages ont l'avantage d'être conservés plus longtemps et sont généralement plus adaptés à la physiologie des ruminants et plus appétissants que ceux conservés à l'extérieur (Wilcke *et al.*, 1999).

Les difficultés du stockage reconcentrées dans les élevages étudiés sont illustrées dans la figure 26. Le problème de stockage le plus marqué (35%) était le manque d'espace. Des obstacles liés à l'humidité, aux moisissures et aux rongeurs ont été retrouvés respectivement dans 16,67, 9,62, 7,05% des élevages. Par ailleurs, près d'un tiers des éleveurs déclarent qu'ils n'ont pas des problèmes liés au stockage.

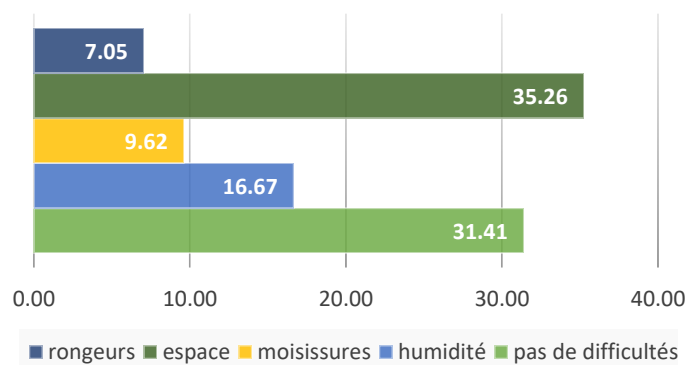


Figure 25: Distribution des exploitations selon les difficultés de stockage des fourrages

La répartition des exploitations selon la durée de stockage des aliments (Tableau 30) montre que la durée de conservation des fourrages dans la plupart des exploitations visitées (91%) est de 6 à 12 mois. Quant aux aliments concentrés, leur durée de conservation varie de 15 à 30 jours dans 86% des cas, alors que 10% des éleveurs conservent les concentrés plus d'un mois, ce qui nuit aux qualités nutritionnelles des aliments.

Tableau 30: Classement des élevages selon la durée de stockages des aliments

	Durée	Fréquences	%
Stockage des fourrages	3 à 6 mois	12	8,16
	6 à 12 mois	134	91,16
	> 12 mois	1	0,68
Stockage des concentrés	< 15 jours	6	4,08
	15 à 30 jours	126	85,71
	> 30 jours	15	10,20

8.2 Les achats d'aliments

Le tableau 31 présente les quantités moyennes d'aliments achetés mensuellement par tête de bétail dans les exploitations enquêtées. Le concentré commercial est l'aliment le plus acheté, avec une moyenne de $218,87 \pm 3,27$ kg/tête/mois. Pour les fourrages, le foin, la paille et l'ensilage de maïs constituent les principaux achats, avec des quantités respectives de $36,99 \pm 2,05$ kg, $51,99 \pm 2,26$ kg et $30,62 \pm 2,57$ kg par tête et par mois. En revanche, la luzerne ($20,96 \pm 1,66$ kg), la vesce-avoine ($11,10 \pm 1,15$ kg) et les pois fourragers ($8,22 \pm 1,20$ kg) sont achetés en

quantités plus limitées. Au total, les achats alimentaires s'élèvent en moyenne à 378,74 $\pm$ 68,71 kg/tête/mois, soit 12,62 kg/jour.

Tableau 31: Quantités mensuelles d'aliments achetés dans les exploitations enquêtées

Aliments (kg)	Quantité achetée (tête/mois)	
	Moyenne	Ecart-type
Fourrages	159,86	4,50
Concentré commerciale	218,87	3,27
Foin	36,99	2,05
Paille	51,99	2,26
Ensilage de maïs	30,62	2,57
Luzerne	20,96	1,66
Vesce-avoine	11,10	1,15
Pois fourragers	8,22	1,20
Total	378,74	68,71

La Figure 26 illustre la répartition des achats d'aliments par les exploitations enquêtées. Elle montre que le concentré commercial est l'aliment le plus acheté, avec 83,56 % des exploitations y ayant recours, soulignant une forte dépendance à ces produits. La paille (46,58 %) et le foin (36,30 %) sont également fréquemment utilisés. En revanche, la luzerne (18,49 %), l'ensilage de maïs (16,44 %), la vesce-avoine (11,64 %) et le pois fourrager (6,16 %) sont achetés en quantités plus limitées.

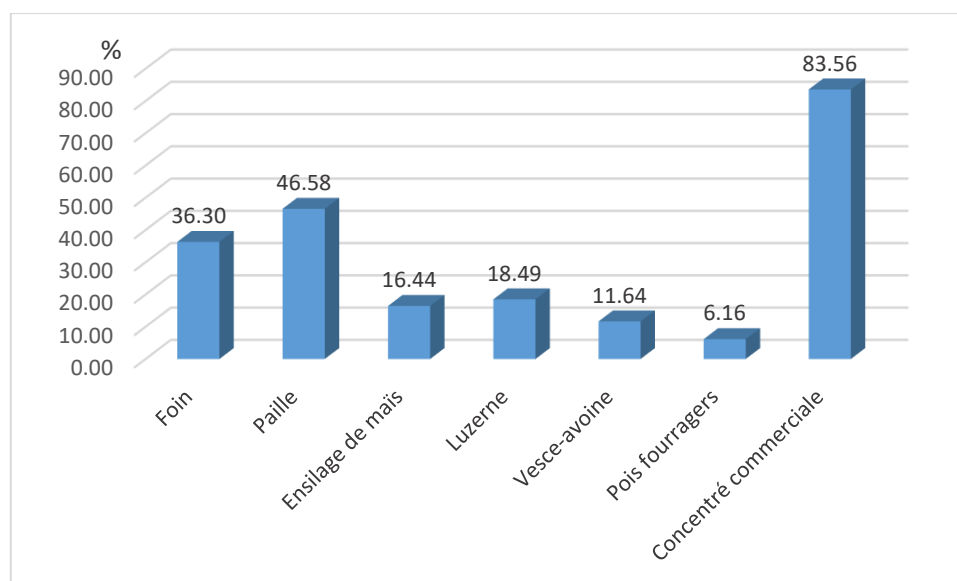


Figure 26: Répartition des achats d'aliments par les exploitations enquêtées

8.3 Les pratiques alimentaires

8.3.1 Conduite de l'alimentation

La santé de l'animale, le degré d'expression de son potentiel génétique ainsi que sa fertilité sont conditionnés par la conduite d'alimentation. Elle constitue l'un des facteurs les plus essentiels à prendre en compte dans la variation de la courbe de lactation. Les dépenses d'alimentation sont la composante la plus importante du coût total de production d'un éleveur, quelle que soit l'espèce exploitée (Chaudhary, 2021).

8.3.1.1 Variation saisonnière des stratégies alimentaires

Dans la majorité des exploitations étudiées, l'alimentation du bétail est fortement influencée par les variations saisonnières des disponibilités en ressources fourragères. La paille de céréales reste la principale source d'alimentation, utilisée par 97,30 % des exploitations en hiver et 77,9 % en moyenne sur l'année. L'ensilage de maïs et le foin d'avoine sont plus utilisés en hiver (34 % et 25,9 % des agriculteurs) mais diminuent au printemps et en été. La luzerne suit la même tendance, tandis que l'orge est très peu utilisée (6,1 % en hiver). Le pois fourrager est présent dans 7% d'exploitations. Cette utilisation prédomine dans la région nord de la zone d'étude (Tableau 32).

Les aliments concentrés commerciaux sont la deuxième ressource alimentaire la plus utilisée durant toute l'année (77,7 %), après la paille (77,9 %). Ils sont utilisés

en complément pour améliorer la production laitière, notamment lorsque les fourrages sont de moindre qualité ou en quantité insuffisante, notamment en hiver. Le son de blé, le maïs, le tourteau de soja et le complément minéralo-vitaminiques, constituent l'essentiel des ingrédients du mélange de concentrés commerciale qui est adopté par 88% d'éleveurs. Ainsi, 11,6% d'exploitations préfèrent de préparer le mélange de concentrés dans la ferme. Le son de blé, apprécié pour son accessibilité et son coût réduit grâce aux subventions étatiques, est utilisé par 47 % des exploitations comme complément alimentaire lorsque les fourrages de qualité sont disponibles.

Tableau 32: Aliments utilisés par les exploitations enquêtées au cours des différentes saisons

Alimentation/Saison	Hiver	Printemps	Été	Automne	Moyenne
Foin, %	25,90 _a	6,10 _b	6,10 _b	4,80 _b	10,73
Paille, %	97,30 _a	69,40 _a	70,10 _a	74,80 _a	77,90
Ensilage de maïs, %	34,00 _a	8,20 _b	10,20 _b	10,20 _b	15,65
Son de blé, %	40,10 _a	49,70 _a	48,30 _a	48,30 _a	46,60
Pois fourragers, %	9,50 _a	6,80 _a	6,80 _a	6,80 _a	7,48
Avoine, %	21,80 _a	12,90 _a	13,60 _a	13,60 _a	15,48
Concentré commerciale, %	90,50 _a	72,10 _a	74,10 _a	74,10 _a	77,70
Mais, %	2,70 _a	1,40 _a	1,40 _a	1,40 _a	1,73
Luzerne, %	23,80 _a	7,50 _b	8,20 _{a, b}	9,50 _{a, b}	12,25
Vesce-avoine, %	1,40 _a	0,00 _a	0,00 _a	0,00 _a	0,35
Orge, %	6,10 _a	0,00 _a	0,00 _a	0,00 _a	1,53
Mash, %	6,80 _a	5,40 _a	5,40 _a	5,40 _a	5,75

abc différence significative sur les valeurs de la même ligne (P<0,05).

Dans cette étude, deux types d'exploitations se distinguent selon la pratique du pâturage. Le système zéro pâturage concerne les élevages où les animaux sont maintenus en stabulation permanente et nourris exclusivement à l'étable. À l'inverse, le système semi-pâturage combine stabulation hivernale, avec une ration à base de paille de céréales, de foin et de concentrés, et alimentation en pâturage durant les autres saisons, complétée par une supplémentation en concentrés. Par ailleurs, 7,48 % des exploitations pratiquent l'élevage laitier en hors-sol.

Ces exploitations, souvent limitées par une surface fourragère restreinte (0 à 3 ha) ou totalement dépourvues de terres, D'où leur forte dépendance vis-à-vis des ressources extérieures, dont l'alimentation du troupeau durant toute l'année est à base de fourrage sec complémenté par une grande quantité d'aliment concentré estimé à 15 kg/vache/jour en moyenne dans ces élevages, de plus d'une supplémentation individuelle de 2 à 5 kg selon le niveau de production des vaches laitière afin d'augmenter leur profit de la production laitière.

Ces exploitations se caractérisent par une taille faible du troupeau qui varie de 3 à 8 vaches laitières et une seule source de revenu assuré par la production de l'élevage. Ainsi, selon le système de production, la moitié de ces exploitations préfèrent de se spécialiser en production laitière alors que les autres cherchent une diversification des produits d'origine bovine (lait et viande).

Pendant la saison d'herbe, il a été observé dans les majorités des élevages (91%) que l'alimentation des vaches laitières est basée sur le pâturage qui assure l'approvisionnement en fourrage naturel et repose sur les parcours, les prairies naturelles et les jachères (Figure 27). Les chaumes de céréales étaient exploités au cours de la saison sèche. Néanmoins, généralement le pâturage ne couvre pas les besoins de l'animale ce qui rend l'utilisation d'aliment complémentaire concentrés et de fourrage nécessaire, la quantité des fourrages distribuée aux vaches laitières en période hivernale varie de 14 kg/vache/jour en absence de pâturage à 8kg /vache/jour en présence.

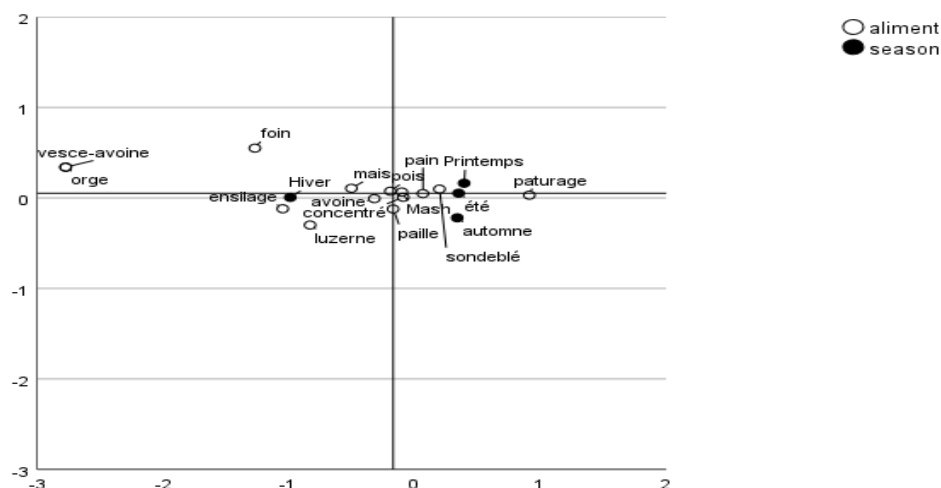


Figure 27: Répartition des aliments selon la saison

Le rationnement est réalisé par seulement 7% des éleveurs et le plan de l'alimentation n'est pas bien maîtrisé (Tableau 33). Généralement, les éleveurs distribuent la même ration alimentaire sans tenir compte des besoins nutritionnels, des niveaux de production et des stades physiologiques des animaux ce qui affecte la gestion de l'élevage. Les résultats de l'étude révèlent qu'environ 26,5 % des éleveurs changent l'aliment de façon brutale sans prendre en considération le temps nécessaire à l'adaptation des vaches au nouveau régime. Par ailleurs, la majorité des exploitations (63%) n'ajoutent aucun élément nutritif au fourrage, tandis que 37,36 % y ajoutent des suppléments. Parmi eux, 36 % incorporent du sel au fourrage afin d'augmenter leur digestibilité et 1,36 % travaillent à améliorer la qualité de l'alimentation en ajoutant de l'urée.

Les stocks alimentaires sont suffisants dans 82 % des fermes, tandis que 18 % subissent des pénuries, surtout en hiver. Afin de gérer cette situation, certains éleveurs réduisent la ration quotidienne des animaux ou recherchent des sources de nourriture alternatives, telles que les sous-produits agricoles. Ainsi, une gestion prudente des stocks de fourrage tout au long de l'année est essentielle pour éviter de telles ruptures. La supplémentation minérale est pratiquée par la moitié (50%) d'exploitations, dont 33% des élevages utilisent la pierre à lécher, tandis que 17 % d'éleveurs fournissent aussi le sel à leurs animaux comme complément minéral.

Tableau 33: Pratiques alimentaires dans les exploitations étudiées

Critères	Oui (%)	Non (%)
Pratique de Rationnement	7 %	93 %
Changement brutale de l'alimentation	26,5 %	73,5 %
Ajout d'éléments nutritifs au fourrage	37,36 %	62,64 %
-Ajout de sel	36 %	
-Ajout d'urée	1,36 %	
Pénurie alimentaire	18 %	82 %
Supplémentation minérale	50 %	50 %
-Utilisation de pierre à lécher	33 %	
-Fourniture de sel comme complément minéral	17 %	

8.3.1.2 Critères de choix des concentrés

L'utilisation des concentrés commerciaux varient d'une exploitation à une autre. La répartition des exploitations selon les critères de choix des concentrés sont illustrés dans la figure 28 qui montre que la plupart des éleveurs choisissent un aliment concentré à faible coût. Seuls 26 % des éleveurs privilégient la qualité de l'aliment. Une minorité d'éleveurs (3%) tient compte du stade physiologique de l'animal et achètent des concentrés spécifiques aux différents stades. Quand a la forme de concentré on distingue trois types : la farine, le granulé et l'aliment mash (terme anglais désignant un mélange de matières premières broyées et contenant une source de fibres) qui sont utilisés respectivement dans 67% ,29% et 4% des exploitations. Il a été constaté que 1,4 % des exploitations enquêtées dans la zone étudiée utilisent des ressources alimentaires non conventionnelles en remplacement des concentrés et sous-produits agro-industriels.

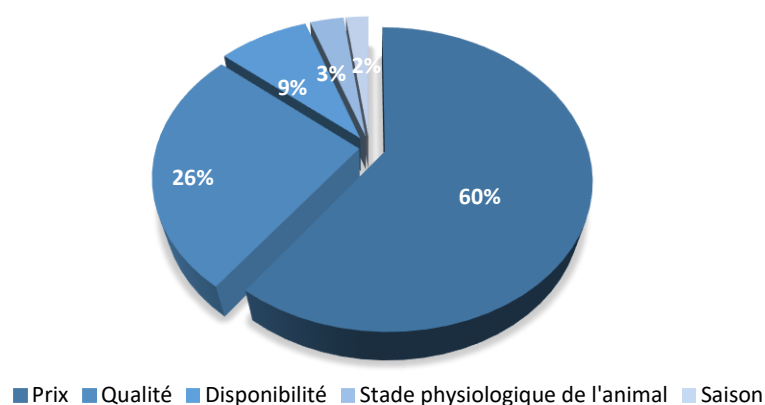


Figure 28: Distribution des exploitations selon les critères de choix des concentrés

8.3.2 L'abreuvement des animaux

L'eau est considérée comme le nutriment le plus important pour la santé et les performances des vaches en lactations (NRC, 2001) car elle remplit plusieurs fonctions, à savoir le transfert des nutriments et l'excrétion des déchets produits lors du métabolisme, de la digestion et de la régulation de la température corporelle de tous les organismes vivants. Les besoins en eau des vaches laitières dépendent de la composition de la ration et du niveau de production laitière et de la température extérieure. En Algérie, les vaches en lactation sont extrêmement sensibles au manque d'eau en raison des conditions climatiques du pays, notamment dans les régions

désertiques et semi-arides. En effet, un léger sous-arrosage réduit immédiatement la consommation alimentaire et les performances de production (Golher *et al.*, 2021). La restriction de 25% de la quantité d'eau bue ad libitum peut réduire la production laitière de 10 % en quelques jours (INRA, 2018).

Les besoins en eau sont directement liés à l'apport en matière sèche ; pour les vaches laitières, il est de l'ordre de 4,5 à 5,5 L/kg de matière sèche ingérée (Boudon *et al.*, 2013). Il a été démontré que la privation de l'eau peut également perturber et détruire la flore ruminale et entraîner une perte de poids corporel en réduisant la taille des repas pour maintenir l'homéostasie du rumen (Burgos *et al.*, 2001).

La disponibilité en eau constitue un facteur primordial dans la recherche des performances laitières. Bien que l'eau soit le premier nutriment d'une vache laitière et le principal composant du lait (87 %), l'abreuvement des troupeaux n'est pas toujours pris en compte (Beede *et al.*, 2005). Il est également essentiel qu'il y ait suffisamment de points d'eau disponibles pour les vaches, car la présence de vaches dominantes pourrait provoquer un stress hydrique chronique chez les vaches dominées (Cardot *et al.*, 2008 ; INRA, 2018).

8.3.2.1 Les sources d'abreuvements

Plusieurs sources d'eau sont envisageables par les éleveurs enquêtés (Figure 29). En effet, 58,5 % des éleveurs répondants privilégient l'utilisation de l'eau de réseau pour l'abreuvement de leurs animaux. Le forage arrive en deuxième position (32,6% d'exploitations). Viennent ensuite Le puits et le ruisseau qui sont pratiqué par (respectivement 24,4%, 4,7% d'éleveurs). Un seul éleveur (0,6%) utilise le barrage pour approvisionner leurs animaux en eau.

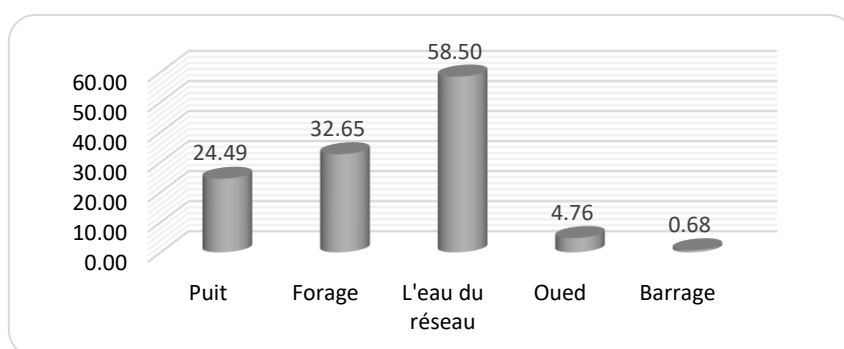


Figure 29: Les sources d'abreuvements dans la région d'étude

8.3.2.2 La conduite d'abreuvement

La production laitière maximale se situe autour de $16,8 \pm 6,5$ kg/vache/jour en moyenne dans les élevages où les animaux sont abreuvés à volonté (Tableau 34). Cette production a diminué à $15,5 \pm 6$ kg lorsque l'approvisionnement en eau est rationné avec une fréquence de distributions de deux fois/jour. Les résultats de la présente étude montrent que La disponibilité en eau avait un effet significatif sur la production laitière ($p < 0,016$).

Les quantités maximales de lait produites quotidiennement par vache sont plus élevées chez les éleveurs qui abreuvent leurs animaux individuellement, et sont de l'ordre de $17,6 \pm 4,5$ en moyenne par rapport à ceux qui abreuvent leurs animaux collectivement ($16,3 \pm 6,5$ kg). Le mode de présentation d'eau a eu un effet significatif sur la production laitière ($p < 0,037$).

Quant au lieu d'abreuvement le rendement laitier des vaches qui s'approvisionnent en eau potable à la fois à l'étable et au pâturage est plus performant que celui des vaches qui ont des points d'abreuvement uniquement dans l'étable ou dans leur pâture. Cette production est respectivement de (17 ± 7 ; $16,2 \pm 6$; $16,1 \pm 7$ kg/vache/jour). Cependant, malgré l'amélioration de la production laitière, l'effet de l'emplacement des points abreuvements n'était pas significatif.

Tableau 34: Effet de la conduite d'abreuvement sur la production laitière

Paramètres		Production laitière minimale			Production laitière maximale		
		Moyenne	SD	p-value	Moyenne	SD	p-value
Abreuvement à volonté	Oui	10,93	5,05	0,070	16,81	6,57	0,016
	Non	11,70	5,54		15,52	6,16	
Mode de Presentation	Collectif	11,24	5,30	0,456	16,31	6,57	0,037
	Individuel	10,35	3,96		17,65	4,58	
Lieu de l'abreuvement	Ambi	11,72	5,61	0,489	17,08	7,30	0,634
	À l'étable	10,83	4,83		16,29	5,82	
	À l'air libre	11,41	5,58		16,14	6,92	

8.3.3 Les besoins alimentaires

Les besoins alimentaires quotidiens des animaux dans les élevages enquêtés affichent des moyennes de 215,1 kg pour la matière sèche, 146,3 UF pour l'énergie et 12,05 kg pour les protéines (Tableau 35). Cependant, ces valeurs présentent une forte variabilité, avec des plages de besoins allant de 49,3 à 5 410,96 kg pour la MS, de 33,5 à 3 679,45 pour l'UF, et de 2,76 à 303,01 kg pour la PDI.

Tableau 35: Besoins alimentaires quotidiens des troupeaux

Besoins (kg/jour)	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum
MS	215,10	153,38	49,32	5410,96
UF	146,27	108,30	33,53	3679,45
PDI	12,05	5,39	2,76	303,01

8.4 L'autonomie alimentaire

Autonomie totale : Les résultats du tableau 36 montrent une autonomie alimentaire totale relativement faible, avec une moyenne de 37,81 %. Cette faible autonomie rend les élevages vulnérables et fortement dépendants des aliments achetés. Les moyennes générales révèlent une autonomie totale de 38,32 % en matière sèche, 32,83 % en énergie et 31,61 % en protéines.

Autonomie fourragère : L'autonomie en fourrages est plus élevée, atteignant en moyenne 53,34 %. Cela indique que les exploitations parviennent mieux à produire leurs propres fourrages par rapport aux autres types d'aliments. Les taux d'autonomie en fourrage s'établissent à 54,15 %, 53,32 % et 51,47 % pour la MS, UFL et PDI respectivement.

Autonomie en concentrés : L'autonomie en concentrés est nettement plus faible, avec une moyenne de 16,55 %, ce qui révèle une forte dépendance aux concentrés achetés. Ces aliments, souvent coûteux et soumis aux fluctuations du marché, pèsent sur la rentabilité des élevages. Les niveaux d'autonomie en concentrés sont de 16,5 % pour la matière sèche, 16,05 % pour l'énergie et 15,38 % pour les protéines.

D'une manière générale, les exploitations ayant une haute autonomie en matière sèche sont souvent plus résilientes et moins dépendantes des achats externes, ce qui se

traduit par une meilleure maîtrise des coûts et une moindre exposition aux fluctuations du marché des aliments pour bétail.

Tableau 36: Niveaux d'autonomie alimentaire dans les élevages enquêtés

Variables	Moyenne	Ecart-type
A _t	37,81	25,46
A _f	53,34	37,77
A _c	16,55	20,87
A _{MS_t}	38,32	25,46
A _{UFL_t}	32,83	22,81
A _{PD_t}	31,61	22,24
A _{MS_f}	54,15	37,76
A _{UFL_f}	53,32	37,75
A _{PD_f}	51,47	37,58
A _{MS_c}	16,5	20,79
A _{UFL_c}	16,05	20,48
A _{PD_c}	15,38	19,73

Dans l'ensemble des exploitations, on observe une forte corrélation positive entre l'autonomie en matière sèche totale et l'autonomie énergétique et protéique totale, et les différentes autonomies fourragère (Tableau 37). Les fourrages constituent une part importante de la ration alimentaire, et les exploitations qui parviennent à produire une grande partie de leur matière sèche ont généralement aussi la capacité de couvrir une proportion importante de de leurs besoins énergétiques. Cela rejoint les observations de Bir *et al.* (2015) dans la région semi-aride de Sétif, qui ont mis en évidence une liaison maximale entre la MS et les UFL, notamment pour les concentrés. Ainsi, l'interdépendance entre la matière sèche et l'énergie dans les exploitations agricoles souligne l'importance de stratégies intégrées de gestion des ressources pour améliorer l'autosuffisance et la durabilité à long terme.

Le même constat s'applique également aux variables d'autonomie en matière sèche et en protéines, notamment pour les aliments concentrés, qui affichent une très forte corrélation entre leur autonomie en matière sèche et celles en UFLc et PDic. Bir *et al.* (2015) soulignent que la dépendance en matières azotées est plus marquée lorsque l'autonomie globale en matière sèche est plus faible. Ils observent également que plus les élevages achètent de concentré, plus ce concentré est azoté en raison du faible taux protéique des fourrages utilisés. Cette situation entraîne des coûts supplémentaires du fait de la cherté des concentrés protéiques, d'où l'importance de maintenir un équilibre adéquat dans la production de matière sèche pour minimiser la nécessité d'apports externes en protéines et d'assurer la gestion durable des ressources alimentaires dans les exploitations agricoles.

Tableau 37: Corrélation entre les différents critères d'autonomie des exploitations étudiées

	AMSt	AUFLt	APDIt	AMSf	AUFLf	APDIf	AMSc	AUFLc	APDIc
AMSt	1,0								
AUFLt	0,98	1,0							
APDIt	0,99	1,0	1,0						
AMSf	0,91	0,83	0,84	1,0					
AUFLf	0,90	0,83	0,84	1,0	1,0				
APDIf	0,90	0,83	0,84	0,99	1,0	1,0			
AMSc	0,53	0,65	0,63	0,24	0,24	0,24	1,0		
AUFLc	0,53	0,65	0,64	0,24	0,24	0,24	1,0	1,0	
APDIc	0,53	0,65	0,63	0,23	0,23	0,23	1,0	1,0	1,0

8.4.1 Autonomie des types d'élevages identifiés

Les grandes exploitations (Type 1) affichent les niveaux d'autonomie alimentaire les plus élevés, avec 52,74 % en autonomie totale, 68,07 % en autonomie fourragère et 35,45 % en autonomie en concentrés, grâce à une production intégrée. Les exploitations moyennes et petites (Types 2 et 3) présentent des autonomies intermédiaires (45,91 % et 36,61 % en autonomie totale), avec une autonomie fourragère encore relativement élevée (66,93 % et 51,95 %), mais une dépendance plus marquée aux concentrés (17,97 % et 16,25 %). En revanche, les petites exploitations

hors-sol (Type 4) se caractérisent par des autonomies extrêmement faibles, avec seulement 13,94 % en autonomie totale, 17,14 % en fourrages et 3,17 % en concentrés, reflétant une forte dépendance aux intrants externes. Les différents critères d'autonomie indiquent que l'autonomie alimentaire est plus élevée en matière sèche (MS) qu'en énergie (UFL) et en protéines (PDI). L'autonomie en PDI, étant la plus faible, met en évidence une forte dépendance aux concentrés protéiques.

Tableau 38: Degrés des divers critères d'autonomie alimentaire selon les quatre types de systèmes d'élevages

Types	Autonomie totale			Autonomie en fourrages			Autonomie en concentrés		
	AMSt	AUFLt	APDIt	AMSf	AUFLf	APDIf	AMSc	AUFLc	APDIc
Type 1	52,74 ± 20,65 _a	47,39 ± 19,19 _b	45,57 ± 19,40 _a	68,07 ± 36,59 _a	67,82 ± 36,91 _b	66,23 ± 37,86 _a	35,45 ± 21,80 _b	34,40 ± 21,77 _b	33,11 ± 20,78 _b
Type 2	45,91 ± 21,56 _b	38,73 ± 19,24 _{a,b}	37,53 ± 19,04 _{a,b}	66,93 ± 33,21 _{a,b}	66,18 ± 33,49 _a	64,14 ± 33,84 _{a,b}	17,97 ± 18,76 _a	17,32 ± 18,26 _a	16,63 ± 17,62 _a
Type 3	36,61 ± 23,53 _{b,c}	31,51 ± 21,58 _c	29,99 ± 20,62 _b	51,95 ± 34,93 _{b,c}	51,05 ± 35,01 _c	48,64 ± 34,56 _b	16,25 ± 22,56 _{a,b}	16,08 ± 22,52 _{a,b}	15,31 ± 21,73 _{a,b}
Type 4	13,94 ± 24,05 _c	12,10 ± 21,60 _{c,b}	11,84 ± 21,21 _c	17,14 ± 28,31 _c	15,91 ± 26,04 _d	15,61 ± 25,89 _c	3,17 ± 8,48 _c	2,97 ± 7,96 _c	2,91 ± 7,81 _c
Moy	37,30 ± 13,10	32,44 ± 11,64	31,23 ± 11,16	51,02 ± 18,40	50,24 ± 18,67	48,66 ± 18,12	18,21 ± 10,27	17,69 ± 9,99	16,99 ± 9,60

^{abc} Différence significative entre les valeurs d'une même colonne ($p \leq 0,05$)

8.5 Typologie des élevages en fonction de leurs différents niveaux d'autonomie

8.5.1 Observation graphique de l'analyse en composante principale (ACP)

Afin de réaliser une typologie des élevages en fonction de leurs différents niveaux d'autonomie alimentaire, une analyse factorielle en composantes principales (ACP) a été effectuée par le logiciel SPAD Décisia à l'aide de neuf variables continues actives. Trois variables définissent l'autonomie globale, fourragère et en concentré auxquels s'ajoutent 6 autres variables d'autonomie (AUFLt, AUFLf, AUFLc, APDIt, APDIf et APDIc). Le premier axe de l'ACP explique un peu plus de 72% de l'inertie totale et les deux premiers axes comporte la plupart des renseignements (plus de 98% de l'information) (Tableau 39).

Le premier axe de l'ACP caractérise principalement le niveau d'autonomie alimentaire totale (Aut% UFLt, Aut% PDI, Aut% MS) ainsi que les différents critères liés à l'autonomie en fourrages (Aut% UFLf, Aut% MSf, Aut% PDIf). Le deuxième axe, qui

explique 26,10 % de la variance totale (Figure 30), met en évidence l'autonomie en concentrés, caractérisée par les variables Aut% UFL_C, Aut% MS_C et Aut% PDI_C.

Tableau 39: Valeurs propres de l'ACP des différents niveaux d'autonomie

Numéro	Valeur propre	Pourcentage	Pourcentage cumulé
1	6,4947	72,16	72,16
2	2,3493	26,10	98,27

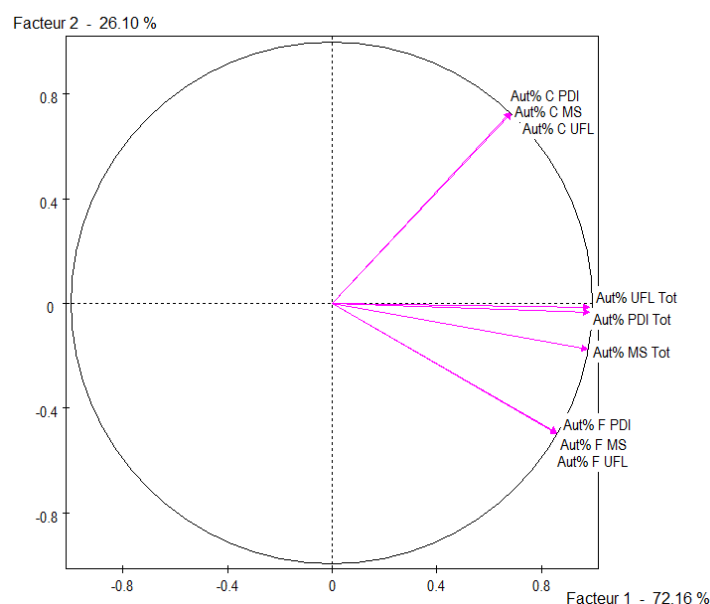


Figure 30: Représentation graphique simplifiée du plan 1-2 de l'analyse en composante principale des différentes variables d'autonomie alimentaire

8.5.2 Types des classes d'autonomie identifiées

Une classification hiérarchique ascendante a permis de distinguer quatre groupes selon leur niveau d'autonomie (Figure 31). Les caractéristiques principales de chacun des types identifiés sont présentées dans le Tableau 40.

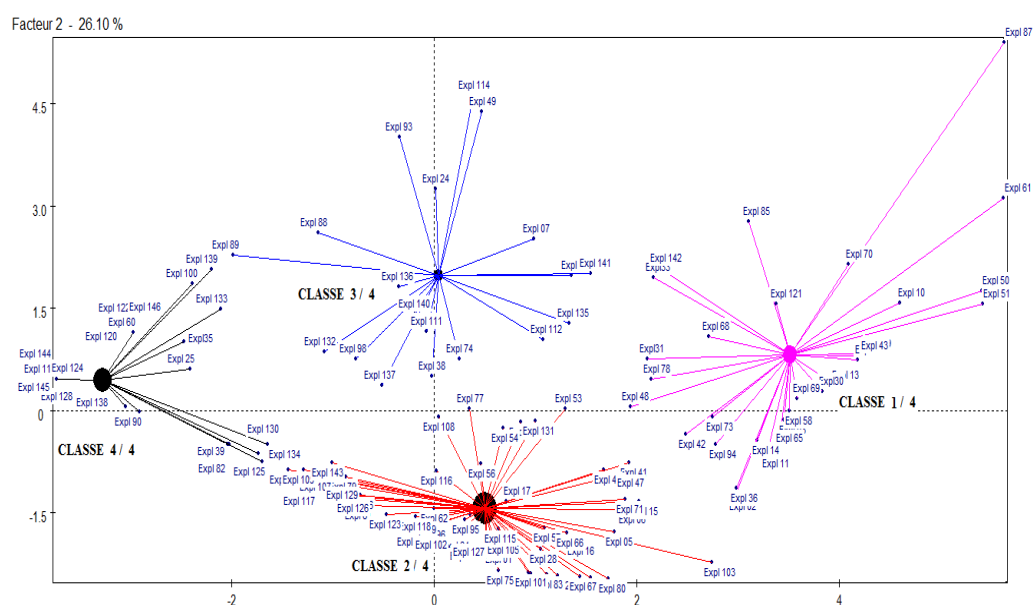


Figure 31: Parangones des 146 exploitations groupées selon leur niveau d'autonomie**Tableau 40: Caractéristiques des différentes classes d'autonomie d'alimentations des exploitations étudiées**

	Systèmes				
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	<i>p</i> -value
Aut% MS _{Tot}	69,48 ± 9,25 _a	47,06 ± 11,87 _b	34,35 ± 10,35 _c	4,70 ± 3,75 _d	0,0001
Aut% UF _{Tot}	63,19 ± 9,91 _a	37,18 ± 11,73 _b	33,12 ± 8,31 _b	3,95 ± 2,29 _c	0,0001
Aut% PDI _{Tot}	61,18 ± 10,09 _a	36,04 ± 11,52 _b	30,88 ± 8,95 _b	3,66 ± 2,79 _c	0,0001
Aut% MS _F	88,86 ± 14,32 _a	77,34 ± 16,90 _b	31,05 ± 20,57 _c	6,55 ± 1,72 _d	0,0001
Aut% UFL _F	88,53 ± 14,63 _a	76,14 ± 18,06 _b	29,04 ± 19,42 _c	6,26 ± 1,98 _d	0,0001
Aut% PDI _F	87,00 ± 17,10 _a	73,21 ± 19,93 _b	26,82 ± 18,41 _c	5,55 ± 1,59 _d	0,0001
Aut% MS _C	44,35 ± 17,24 _a	4,91 ± 3,75 _b	36,42 ± 13,83 _a	2,53 ± 1,37 _b	0,0001
Aut% UFL _C	43,60 ± 17,49 _a	4,71 ± 3,47 _c	35,04 ± 13,99 _b	2,39 ± 1,04 _c	0,0001
Aut% PDI _C	41,57 ± 17,41 _a	4,47 ± 3,07 _b	34,03 ± 13,45 _a	2,31 ± 1,82 _b	0,0001
Con_VI_Jr(kg)	10,02 ± 4,11 _a	9,21 ± 3,42 _a	8,32 ± 2,90 _a	8,99 ± 4,06 _a	0,2450
Part_con_ration%	40,88 ± 11,95 _a	42,88 ± 12,81 _a	41,33 ± 9,45 _a	41,92 ± 11,78 _a	0,9427
Lait_VI_Jr(kg)	15,23 ± 6,55 _a	14,18 ± 3,64 _a	13,68 ± 4,71 _a	12,61 ± 3,20 _a	0,1050
MS_VI_Jr(kg)	21,26 ± 5,99 _a	17,88 ± 4,55 _{a, b}	17,35 ± 4,19 _b	16,72 ± 5,36 _b	0,0017
Efficacité alimentaire	0,72 ± 0,41 _a	0,79 ± 0,34 _a	0,79 ± 0,39 _a	0,75 ± 0,63 _a	0,7046

Classe 1 : Elevages à forte autonomie alimentaire

Ce groupe comprend 30 exploitations, représentant 20,55 % de l'échantillon étudié. Ces exploitations se distinguent par leur niveau élevé d'autonomie en ressources alimentaires. Elles parviennent à produire près de 70 % de leurs besoins en matière sèche totale, ce qui témoigne d'une indépendance marquée vis-à-vis des approvisionnements extérieurs. Elles couvrent également 63,19 % de leurs besoins énergétiques et 61,18 % de leurs besoins protéiques. Ces exploitations optimisent l'utilisation de leurs surfaces agricoles pour produire des fourrages, atteignant un taux d'autonomie de 88,86 % pour la matière sèche, 88,53 % pour l'énergie, et 87 % pour les protéines provenant des fourrages. Concernant les concentrés, les taux d'autonomie

en MS, UFL et PDI sont respectivement de 44,35 %, 43,60 % et 41,57 %. Bien que ces niveaux soient inférieurs à ceux des fourrages, ils restent nettement supérieurs à ceux observés dans les autres groupes (Tableau 40, figure 31).

La ration alimentaire se caractérise par une faible proportion de concentré ($40,88 \pm 11,95$ %) et une distribution relativement élevée de matière sèche, soit $21,26 \pm 5,99$ kg/vache/jour. Ces rations conduisent à une production laitière relativement élevée par rapport aux autres classes avec une moyenne de $15,23 \pm 6,55$ kg/vache /jour. Cependant, cette production reste relativement faible par rapport à la quantité d'aliment consommée, ce qui reflète une efficacité alimentaire plus faible, estimée à $0,72 \pm 0,41$ (tableau x). Cela pourrait s'expliquer par une mauvaise gestion alimentaire, avec des rations mal équilibrées ou inadaptées aux besoins spécifiques des vaches, entraînant une moindre assimilation des nutriments et une conversion moins efficace des aliments en lait.

Classe 2 : Elevages a autonomie alimentaire moyenne

Ce groupe est composé de 56 élevages, soit 38,36 % du total. Il présente un niveau d'autonomie alimentaire global modéré, avec des taux de 47,06 %, 37,18 % et 36,04 % pour la MS, UFL et PDI respectivement. Les exploitations de ce groupe parviennent à produire une part importante de leurs besoins en fourrages, avec des taux d'autonomie élevés : 77,34 % en matière sèche, 76,14 % en énergie et 73,21 % en protéines. Toutefois, une dépendance accrue aux concentrés a été observée. En effet, l'autonomie en concentrés est extrêmement faible, ne dépassant pas les 5 % pour la matière sèche, l'énergie et les protéines (Tableau 40).

Les animaux de ce groupe reçoivent en moyenne $17,88 \pm 4,55$ kg de matière sèche par jour. Ce groupe se distingue par une forte supplémentation en aliments concentrés, qui représentent $42,88 \pm 12,81$ % de la ration totale. Cette proportion élevée témoigne d'une stratégie alimentaire visant à maximiser la production laitière, en s'appuyant principalement sur l'aliment concentré. En effet, la production laitière moyenne s'élève à $14,18 \pm 3,64$ kg/vache/jour, et les vaches montrent une efficacité alimentaire de $0,79 \pm 0,34$.

Classe 3 : Elevages à faible autonomie alimentaire

C'est le plus petit groupe en termes de nombre d'exploitations, avec 19 exploitations, représentant 13,01 % de l'échantillon total. Il présente un faible niveau d'autonomie alimentaire globale, avec des taux d'autosuffisance compris entre 30 % et 34 % pour la MS, UFL et PDI. L'autonomie en fourrages est particulièrement faible se situant à 31,05 % pour la matière sèche, 29,04 % pour l'énergie, et 26,82 % pour les protéines. Cela signifie que ces exploitations dépendent des achats externes pour satisfaire plus des deux tiers de leurs besoins en fourrages. En revanche, ces élevages privilégient la production d'aliments concentrés, au détriment de celle des fourrages. Cette orientation leur permet d'atteindre des niveaux d'autonomie plus élevés, avec 36,42 % pour la matière sèche, 35,04 % pour l'énergie et 34,03 % pour les protéines.

Les quantités d'aliments distribuées quotidiennement sont en moyenne de 17,35 kg de matière sèche. L'utilisation d'aliments concentrés est relativement faible, avec une moyenne de $8,32 \text{ kg} \pm 2,90 \text{ kg/vl/j}$. Ce groupe présente une efficacité alimentaire de $0,79 \pm 0,39$ et une production laitière moyenne de $13,68 \text{ kg/vl/j}$.

Classe 4 : Elevages à très faible autonomie alimentaire

Ce groupe comprend 41 exploitations, représentant 28,08 % de l'échantillon total. Ces exploitations dépendent largement des approvisionnements externes, affichant une autonomie alimentaire globale extrêmement faible, avec des taux d'autosuffisance ne dépassant pas 5 % pour tous les paramètres. Les taux d'autosuffisance en matière sèche (6,55 %), en énergie (6,26 %) et en protéines (5,55 %) issus des fourrages sont bien inférieurs à ceux des autres groupes. En ce qui concerne les concentrés, ces exploitations sont entièrement dépendantes des achats externes, enregistrant des taux d'autosuffisance très faibles (2,53 % en MS, 2,39 % en UFL et 2,31 % en PDI), ce qui accentue leur vulnérabilité aux fluctuations du marché des matières premières (Tableau 40).

Ce groupe reçoit la plus faible quantité de nourriture, avec une moyenne de 16,72 kg de matière sèche/jour. Cette distribution réduite s'accompagne également d'une production laitière inférieure à celle des autres groupes, estimée à $12,61 \pm 3,20 \text{ kg/vl/j}$. L'efficacité alimentaire est de $0,75 \pm 0,63$, et les aliments concentrés représentent $41,92 \pm 11,78 \%$ de la ration totale.

8.6 Effet des différents niveaux d'autonomie sur la production laitière

Les coefficients de corrélation entre les différentes variables liées à l'autonomie alimentaire et la production laitière sont représentés dans la figure 32. Les résultats montrent que les autonomies totales ont une influence relativement faible sur les performances laitières, avec des coefficients avoisinant 0,30. Autrement dit, une autonomie totale élevée ne garantit pas nécessairement un apport nutritionnel optimal pour maximiser la production laitière. Cependant, les paramètres d'autosuffisance associés aux concentrés affichent une corrélation nettement plus forte avec la production laitière (coefficients autour de 0,6) par rapport à ceux liés aux fourrages (environ 0,33). Cela renforce leur impact sur les performances laitières en raison de leur densité énergétique et protéique plus élevée. De manière générale, la corrélation positive, bien que modérée, entre l'autonomie alimentaire et la production laitière suggère qu'une meilleure autonomie pourrait contribuer à stabiliser et à augmenter la production. Cela serait principalement dû à une réduction de la dépendance aux fluctuations du marché des aliments pour bétail, offrant ainsi une plus grande résilience aux exploitations agricoles.

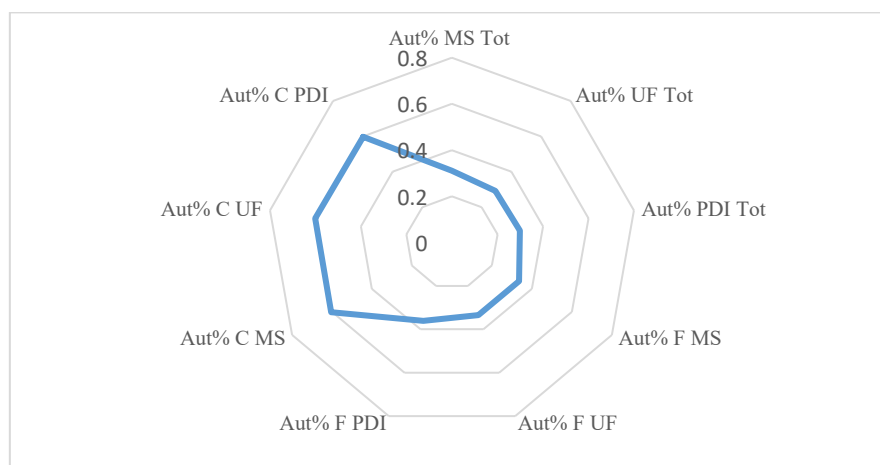


Figure 32: Coefficients de corrélation entre l'autonomie alimentaire et la production laitière journalière moyenne

8.7 Appartenance des exploitations aux classes d'autonomie, aux régions et aux types d'élevages

Les exploitations des quatre classes identifiées n'appartiennent pas uniformément aux régions et aux types d'exploitations identifiées dans le premier chapitre (Tableau 41). Les résultats montrent que l'autonomie alimentaire dépend

fortement de la région et du type d'exploitation. Les exploitations situées dans la Région Nord se distinguent par une dépendance marquée aux aliments achetés, avec une majorité d'exploitations en classe 4 (très faible autonomie), tandis que la Région Centre affiche une autonomie plus élevée, majoritairement en classe 2 (autonomie moyenne). La Région Sud, quant à elle, présente une répartition plus équilibrée, avec une proportion relativement élevée d'élevages autonomes. Concernant les types d'élevages, les grandes exploitations à vocation céréalière associée à l'élevage bovin laitier (Type 1) bénéficient d'une autonomie alimentaire plus importante, grâce à leurs surfaces cultivables étendues. En revanche, les exploitations de taille moyenne et les petites exploitations (Types 2 et 3) affichent une autonomie alimentaire moyenne, restant partiellement dépendantes des aliments achetés. Enfin, Les exploitations hors-sol (Type 4) sont les plus vulnérables, avec une forte proportion en classe 4, illustrant leur dépendance accrue aux aliments achetés.

Tableau 41: Appartenance des exploitations enquêtées aux classes d'autonomie, aux régions et aux types d'élevages

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Total
Région Nord	3	5	15	40	63
Région Centre	18	44	2	1	65
Région Sud	9	7	2	0	18
Total	30	56	19	41	146
Type 1	5	4	3	0	12
Type 2	15	29	7	11	62
Type 3	10	20	6	13	49
Type 4	0	3	3	17	23
Total	30	56	19	41	146

8.8 Facteurs de variation de l'autonomie

L'analyse des effets des différentes variables sur les critères d'autonomie alimentaire montre que la superficie en fourrages est le facteur ayant le plus grand impact positif sur l'autonomie, en particulier sur l'autonomie en MS fourrages (2,56), UFL fourrages (2,63) et PDI fourrages (2,71). Cela indique que les exploitations avec une grande superficie fourragère sont les plus autonomes (Tableau 42). La superficie des céréales présente un effet moins marqué sur l'autonomie totale en MS (0,39), UFL

(0,37) et PDI (0,34). À l'inverse, le chargement animal (CHA), qui reflète la pression exercée par le nombre d'animaux sur les ressources alimentaires disponibles, a un effet négatif marqué sur tous les critères d'autonomie. De même, le nombre d'UGB et de vaches laitières (VL) a un impact négatif sur l'autonomie, traduisant une augmentation des besoins alimentaires qui ne sont pas toujours couverts par les ressources produites sur place. La production laitière (PL) influence également l'autonomie, avec un effet légèrement positif, indiquant que les exploitations qui optimisent leur production peuvent renforcer leur autonomie en valorisant plus efficacement les ressources alimentaires internes.

Tableau 42: Effet des différentes variables sur les critères d'autonomie (pentes des régressions $\pm$ écart type)

Autonomies		Variables							
		SAU (ha)	SC (ha)	SF (ha)	UGB	CHA (ha)	PL (kg/vl/j)	%VL/UGB	VL
MS totale	Valeur	0,17	0,39	1,63	-0,62	-1,26	0,66	-0,19	-1,11
	SD	0,19	0,26	0,47	0,49	0,46	0,44	0,16	0,73
MS fourrages	Valeur	0,25	0,54	2,56	-0,74	-2,49	0,61	-0,33	-1,51
	SD	0,28	0,38	0,69	0,72	0,67	0,65	0,23	1,08
MS Concentré	Valeur	0,12	0,31	0,76	-0,12	-0,23	0,34	-0,13	-0,21
	SD	0,17	0,23	0,42	0,44	0,41	0,40	0,14	0,66
UFL totales	Valeur	0,17	0,37	1,39	-0,55	-0,97	0,59	-0,14	-0,97
	SD	0,17	0,23	0,43	0,44	0,42	0,40	0,14	0,67
UFL fourrages	Valeur	0,29	0,59	2,63	-0,83	-2,48	0,53	-0,38	-1,65
	SD	0,28	0,37	0,69	0,71	0,67	0,64	0,23	1,07
UFL concentré	Valeur	0,12	0,31	0,72	-0,10	-0,21	0,34	-0,14	-0,19
	SD	0,17	0,23	0,42	0,43	0,41	0,39	0,14	0,65
PDI totales	Valeur	0,15	0,34	1,41	-0,55	-0,96	0,56	-0,14	-0,96
	SD	0,17	0,23	0,41	0,43	0,40	0,39	0,14	0,65
PDI fourrages	Valeur	0,25	0,52	2,71	-0,93	-2,36	0,47	-0,36	-1,78
	SD	0,27	0,37	0,68	0,71	0,67	0,64	0,23	1,06
PDI concentré	Valeur	0,11	0,29	0,69	-0,10	-0,20	0,30	-0,13	-0,19
	SD	0,16	0,22	0,40	0,42	0,39	0,38	0,14	0,63

9. Discussion

En Algérie, la production fourragère se caractérise par un aspect extensif, et les ressources destinées à l'alimentation du bétail sont limitées, principalement issues des parcours (steppe et forêt), des jachères, des prairies naturelles, ainsi que des sous-produits céréaliers tels que la paille et les chaumes de céréales (Abdelguerfi *et al*, 2008). Contrairement à la région de la Mitidja, où les cultures fourragères sont principalement

composées de bersim et de luzerne, dans la région semi-aride de Sétif, c'est l'avoine qui prédomine, principalement cultivée pour être utilisée sous forme de foin. Abdelguerfi *et al*, (2008) soulignent également que l'orge, sous ses différentes formes, occupe une place importante dans les systèmes fourragers de l'Afrique du Nord.

Dans les exploitations étudiées, les aliments les plus couramment utilisés sont la paille de céréale (utilisée dans 77,90% des exploitations), le concentré commercial (77,70%) et le son de blé (46,60%). La rareté des ressources fourragères, notamment pendant les saisons sèches, a été identifiée comme la principale contrainte au développement de l'élevage bovin et de la production laitière dans la région. D'autre part, les aléas climatiques, la fluctuation des prix des aliments et une amélioration génétique insuffisante, limitant ainsi le potentiel des animaux. De plus, les maladies, le manque d'accès aux soins vétérinaires et l'insuffisance de formation des éleveurs compromettent la productivité, la rentabilité et la durabilité du secteur (Sadoud,2017 ; Balde,2024).

Des études antérieures menées par Mouhous *et al*, (2014), ainsi que par Djermoun *et al*, (2018), ont également montré que l'alimentation des bovins laitiers en Algérie se caractérise par une utilisation excessive de foin secs et de concentrés. Selon Agabriel *et al*, (2012), une surutilisation de concentrés chez les vaches laitières peut entraîner une baisse de productivité et augmenter le risque de troubles digestifs et métaboliques.

Deux principaux types d'exploitations ont été identifiés en fonction de la pratique du pâturage : le système zéro pâturage, adopté par 7,5% des exploitations, où l'alimentation du troupeau tout au long de l'année repose principalement sur du fourrage sec complété par une importante quantité d'aliment concentré, estimée en moyenne à 15 kg par vache par jour. Le système semi-pâturage, quant à lui, est adopté par 91,3% des exploitations, avec une distribution moyenne de 10,2 kg par vache par jour d'aliment concentré. Cependant, il est noté que la complémentation alimentaire ne prend pas suffisamment en compte les besoins nutritionnels, le niveau de production et le stade physiologique des vaches.

Le type d'élevage hors-sol, également observé à l'ouest du pays selon Yakhlef et Ali Benamara (2001), ainsi que dans plusieurs régions du Maroc caractérisé par une utilisation intensive de concentré selon Sraïri (2007). Cependant, des études telles que

celles menées par Belkheir *et al*, (2015) et Mouhous *et al*, (2014) ont mis en évidence les effets néfastes de cette pratique sur la durabilité de la filière laitière dans la région, constituant ainsi un frein au développement de ces élevages. Dans la région semi-aride de Sétif, Tedjari *et al*, (2014) affirment que les modalités d'utilisation des pâturages dépendent des saisons et de la disponibilité en fourrage.

La gestion de l'alimentation dans les exploitations laitières repose souvent sur des pratiques empiriques plutôt que sur des fondements scientifiques, avec seulement une minorité d'éleveurs, soit 6,80% qui pratiquent un rationnement adéquat. L'alimentation des vaches n'est généralement pas *ad libitum*, et ces dernières ne parviennent pas à satisfaire pleinement leurs besoins nutritionnels en raison des coûts élevés et de la rareté des aliments disponibles tels que les fourrages et les concentrés. Cette insuffisance alimentaire, surtout après quatre lactations, impacte directement la survie des vaches, Blanc *et al*, (2004). De nombreux éleveurs ont également mentionné qu'ils doivent remplacer leurs animaux à un âge relativement jeune en raison de problèmes sanitaires. La plupart des éleveurs répertoriés ont déclaré qu'ils reforment leurs animaux à un âge assez jeune à cause des problèmes sanitaires. Cette situation est également observée dans les élevages laitiers du haut Cheliff, par Khelil, (2012), ainsi que dans la région centrale de l'Algérie par Kaouche-Adjlane (2015).

En ce qui concerne l'abreuvement, 32% des éleveurs enquêtés ne permettent pas aux vaches de s'abreuver à volonté, et l'approvisionnement en eau est souvent insuffisant. Dans les climats tempérés, une privation quantitative d'eau est particulièrement préjudiciable pour les vaches en lactation, car une réduction de 25% de la quantité d'eau disponible peut entraîner une diminution de 10% de la production laitière en quelques jours (INRA, 2018). Dans la région nord de l'Algérie, Benatallah *et al*, (2015) ont constaté que l'approvisionnement en eau était insuffisant dans la plupart des exploitations étudiées. Boudon *et al*, (2013) recommandent donc de garantir un accès continu à une eau de qualité pour les troupeaux, car même une légère insuffisance en eau entraîne immédiatement une baisse de la consommation alimentaire et de la production laitière.

L'autonomie alimentaire globale des élevages étudiés est faible (37,81 %) avec une dépendance marquée aux aliments achetés, notamment les concentrés (16,55 %). L'autonomie fourragère est meilleure (53,34 %) mais reste insuffisante. Selon KADI *et*

al. (2007), la dépendance accrue aux concentrés est amplifiée par des problèmes de gaspillage et de mauvaise valorisation. Par ailleurs, Rouillé *et al.* (2014) ont observés que les éleveurs bovins français ajustent la ration quotidienne de leurs animaux avec seulement 14 % d'aliments concentrés. Enfin, Faux *et al.* (2022) soulignent l'importance d'adapter la taille et les performances du troupeau à la capacité de production alimentaire afin d'atteindre une autonomie alimentaire élevée, située entre 90 % et 100 %. Nos résultats sont inférieurs à ceux rapportés par Ghozlane *et al.* (2021) dans la région de Mitidja et par Saidani (2013), Kadi et Djellal (2009) dans la région de Tizi-Ouzou, avec des taux d'autonomie en fourrages de 93,58 %, 65,16 %, et 65,4 % respectivement. L'autonomie fourragère obtenue par Belhadia *et al.* (2014) dans la région du Cheliff est plus faible, avec un taux de 46,93 %. Par ailleurs, dans les élevages laitiers en France et en Belgique, des niveaux d'autonomie élevés sont rapportés par Rouillé (2014) avec 88 % et par Faux (2022) avec 94 %.

Les différents critères de l'autonomie montrent une autonomie alimentaire totale relativement faible, avec 38,32 % en matière sèche, 32,83 % en énergie et 31,61 % en protéines. Dans la même région d'étude, Bir *et al.* (2015) ont signalé une autonomie totale moyenne de 30 % pour la matière sèche, 22 % pour l'énergie, et 18 % pour les matières azotées. Les résultats obtenus par Khelili (2012) dans la région du Haut Cheliff montrent des degrés d'autonomie de 36,57 % pour la matière sèche et de 26,5 % pour l'énergie.

Ces niveaux d'autonomie restent inférieurs à ceux observés dans les exploitations agricoles de la région de Tizi-Ouzou, où Kadi et Djellal (2009) ont rapporté des autonomies de 43,2 % pour la matière sèche, 35,5 % pour l'énergie, et 42,3 % pour les matières azotées. Dans la région de Mitidja, Ghozlane *et al.* (2021) ont déclaré des autonomies encore plus élevées, atteignant 76,63 %, 74,33 % et 72,08 %. L'analyse des facteurs influençant l'autonomie alimentaire montre que l'augmentation des surfaces fourragères constitue le levier principal pour améliorer l'autonomie alimentaire. En revanche, une densité animale élevée exerce un impact négatif sur l'autonomie en accentuant la dépendance aux aliments externes, réduisant ainsi la capacité des élevages à subvenir à leurs propres besoins. Par ailleurs, l'autonomie en protéines demeure particulièrement faible, traduisant une forte dépendance aux concentrés protéiques.

10. Conclusion

La grande majorité des élevages laitiers dans la région semi-aride de Sétif sont largement dépendants des approvisionnements extérieurs, affichant une faible autonomie alimentaire globale. Toutefois, il est notable que ces exploitations montrent une meilleure autonomie en matière de fourrages par rapport aux concentrés, révélant une dépendance plus prononcée à l'égard de ces derniers. Cette situation s'explique par le niveau élevé de consommation de concentrés, qui sont presque entièrement achetés.

L'autonomie est principalement influencée par des variables liées à la structure et à la gestion des exploitations, en particulier la disponibilité des terres, principalement dédiées aux cultures fourragères, ainsi que la taille du troupeau. Ces observations mettent en lumière l'importance de poursuivre l'analyse en se focalisant sur les systèmes de production internes, afin de mieux comprendre les défis et de proposer des solutions adaptées.

Il serait en effet plus avisé d'améliorer l'autonomie alimentaire en optant pour des espèces et des variétés adaptées à chaque environnement, en maîtrisant et respectant les pratiques agricoles, en augmentant la surface consacrée aux cultures fourragères, en diversifiant les méthodes de conservation des fourrages, et en valorisant les résidus de récoltes, plutôt que de dépendre des concentrés achetés pour répondre aux besoins alimentaires. Ces approches peuvent non seulement renforcer l'autonomie des exploitations agricoles, mais aussi promouvoir leur durabilité et leur résilience face aux défis environnementaux et économiques.

La gestion de l'alimentation dans les exploitations laitières n'est pas basée sur connaissances scientifiques, la faible technicité des éleveurs en particulier en ce qui concerne la conduite du troupeau, la maîtrise du système fourrager et le rationnement, limite les progrès qui peuvent être réalisés. Ainsi, les stratégies que l'éleveur développe pour profiter au mieux des ressources limitées et gratuites disponibles sur son exploitation, principalement des cultures céréalières, sans investir sérieusement dans ces cultures ou dans l'irrigation. C'est une approche prudente qui suggère que la filière laitière demeure peu sécurisante pour les éleveurs, en raison de subventions mal dirigées et de prix peu attractifs pour le lait. Ce constat nécessite l'adoption d'une stratégie de rationnement adéquate et précise afin d'assurer une bonne rentabilité de

l'élevage laitier. Dès lors, une question essentielle se pose : dans quelle mesure une meilleure maîtrise du rationnement alimentaire pourrait-elle améliorer les performances de production des troupeaux laitiers, optimiser la rentabilité des exploitations et assurer la pérennité de la filière laitière dans son ensemble ?

CHAPITRE III : EUDE DE L'IMPACT DES RATIONS TOTALES MELANGEES SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES DES VACHES LAITIERE

Etude de l'impact des rations totales mélangées sur les performances zootechniques des vaches laitières

1. Introduction

Le secteur laitier en Algérie fait face à une situation critique, marquée par une production locale insuffisante, un faible taux de collecte et une hausse des prix des matières premières sur les marchés internationaux. De plus, la forte demande de lait, estimée à une moyenne de 150 litres par habitant et par an, contribue à une consommation nationale atteignant environ 6 milliards de litres (FAO, 2015). La production laitière moyenne par vache et par lactation se situe autour de 3200 kg, demeurant en deçà du potentiel génétique des génisses importées, évalué entre 5000 et 6000 kg par lactation dans leurs pays d'origine (Bellil et Boukrif, 2021).

La faible productivité des exploitations laitières en Algérie découle d'une combinaison de divers facteurs liés à une alimentation inadéquate et de qualité médiocre, une gestion défaillante de l'élevage, et une expertise technique insuffisante (Djermoun et Benziouche, 2017 ; Makhoulouf et Montaigne, 2017). De plus, les conditions climatiques de la région, notamment la fréquence des saisons sèches, contribuent à la rareté des ressources en eau, entravant ainsi le développement des cultures fourragères (Bir *et al.*, 2014). Les systèmes alimentaires font face à une pénurie chronique en fourrage, à une qualité médiocre des aliments de base et à des rations déséquilibrées. Par ailleurs, l'utilisation de ressources externes à l'exploitation peut considérablement compromettre la rentabilité économique de l'activité laitière (Abbes, 2014 ; Rejeb Gharbi *et al.*, 2007).

L'alimentation des animaux d'élevage constitue un défi complexe et persistant pour les éleveurs. Ils sont confrontés à la nécessité de concilier diverses préoccupations, dont la satisfaction des besoins nutritionnels d'entretien et de production des animaux, la préservation de la qualité des produits, la gestion optimale des coûts liés à l'alimentation, tout en minimisant le gaspillage et la pollution.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de l'utilisation des rations totales mélangées (RTM) sur l'ensemble des performances des vaches laitières élevées en conditions semi-arides. L'analyse porte sur les performances zootechniques, telles que l'évolution du poids vif, l'état des réserves corporelles, les quantités de lait produites et la persistance de lactation. Elle inclut également les paramètres de reproduction, tels

que la fertilité et la fécondité, ainsi que les aspects économiques, notamment le coût de production du litre de lait.

2. Matériels et méthodes

2.1 Matériel animal et protocole expérimentale

L'étude a été menée sur une période de deux ans (2022-2023) à la ferme école COOPSEL, située dans la région semi-aride de Sétif. Dix-huit vaches primipares de race montbéliarde, ayant un poids corporel moyen de $511 \pm 66,9$ kg au début de l'expérience, ont été réparties en trois lots en fonction de leur âge, poids vif, état corporel et date de vêlage. L'âge au premier vêlage moyen été de $30,56 \pm 4,60$ mois. Les notes d'état corporel (NEC) moyennes ont été de $2,79 \pm 0,44$. Le poids moyen du veau à la naissance est de $37,8 \pm 5,2$ kg pour l'ensemble des groupes.

L'expérience a porté sur deux lactations successives. Les conditions d'élevage dans chaque groupe sont les mêmes. L'élevage est pratiqué en hors-sol, les vaches sont logées dans une étable à stabulation libre paillé. Tous les animaux ont un accès libre à l'eau potable. La température de l'air dans l'installation expérimentale varie de 1 °C à 26 °C avec une moyenne de 13,5°C la ventilation et l'éclairage sont naturels.

Les trois lots reçoivent des rations alimentaires différentes afin d'étudier et de comparer l'effet de ces rations sur les performances zootechniques des vaches. À chaque modification de régime alimentaire, une phase de transition et d'adaptation de 15 jours été opérée. Les aliments ont été distribués à raison de quatre fois par jour (7h ; 11h ; 14h ; 18h). Par ailleurs, une fiche de suivi a été élaborée pour chaque vache identifiée.

2.2 Composition des rations alimentaires

Le tableau 43 présente la composition des trois rations alimentaires : Mash 1, Mash 2 et concentré (témoin). Ces rations sont élaborées conformément aux recommandations nutritionnelles d'alimentation des vaches laitières de l'INRA (2010), en tenant compte des besoins nutritionnels des animaux (Annexes 2, 3,4). Les principales matières premières comprennent le maïs, le son de blé, le tourteau de soja, le foin de luzerne et la mélasse. Des additifs vitaminiques et minéraux (CMV, bicarbonate, calcium, urée) sont également inclus pour compléter les besoins en nutriments essentiels.

Tableau 43: Composition des régimes alimentaires

Matières premières	Rations		
	Mash 1	Mash 2	Concentré (témoin)
	%		
Maïs	31,35	31,35	29
Son de blé	20	23	45
Taureau de soja	18	18	18
Foin de luzerne	8	13	0
luzerne bouchon	7	0	0
Paille	4	4	0
Mélasse	8	7	5
CMV*	1	1	1
Bicarbonate	1,2	1,2	1,2
Carbonate de calcuim	0,5	0,5	0,5
Urée	0,7	0,7	0
Sel	0,25	0,25	0,3

*Composition du CMV: VITAMINES (per kg) Vitamine A :230320 UI, Vitamine D3 :4 500 UI, Vitamine E :770 mg/kg, B1: 96mg/Kg; OLIGO-ELEMENTS Cuivre : 576 mg/kg , Iode (iodate de calcium anhydre) (3b202) 48 mg/kg , Manganèse 2589mg/kg, Sélénium 9,6 mg/kg, Zinc : 2962 mg/kg , Cobalt : 32 mg/kg.

En première lactation, chaque lot reçoit respectivement du Mash 1 et du Mash 2 (10 kg chacun), du concentré (9 kg), ainsi que de l'ensilage de maïs, de la luzerne et de la paille. En deuxième lactation, la ration de concentré est ajustée à 10 kg, et les quantités de luzerne sont augmentées à 9,5 kg. En deuxième lactation, les quantités de luzerne sont augmentées à 9,5 kg et le concentré est introduit à raison de 10 kg.

Tableau 44: Quantités distribuées pour les trois rations pendant la 1ère et la 2ème lactation

Composition (1 ^{ère} lactation)	Ration à distribuée (kg)		
	Ration 1	Ration 2	Ration 3
Mash 1	10	0	0
Mash 2	0	10	0
Concentré	0	0	9

Chapitre III : Etude de l'impact des rations totales mélangées sur les performances zootechniques des vaches laitières

Ensilage de maïs	18	18	18
Luzerne	4,5	4,5	4
Paille	3	3	3
Composition (2^{ème} lactation)			
Mash 1	10	0	0
Mash 2	0	10	0
Concentré	0	0	10
Ensilage de maïs	18	18	18
Luzerne	9,5	9,5	9
Paille	3	3	3

Le tableau 45 présente les apports nutritionnels des trois rations par rapport aux besoins théoriques de vaches en 1^{ère} et 2^{ème} lactation. Les paramètres évalués incluent les UFL, le PDI, le rapport PDI/UFL, les fibres (NDF et ADF) et l'amidon. Les rations couvrent globalement les besoins énergétiques et en fibres, mais présentent un léger déficit en PDI pour le lot 3.

Tableau 45: Caractéristiques nutritionnelles des régimes alimentaires étudiés

Besoins d'une vache de 500 kg produisant 30 kg de lait		Apport nutritionnel des trois rations (1 ^{ère} lactation)		
		Ration 1	Ration 2	Ration 3
UFL	19	19,2	19,2	18,0
PDI	2040	1858,5	1850,8	1698,6
PDI/UFL	107	96,70	96,25	94,21
NDF (% MS)	> 35	42,55	42,87	42,92
ADF (% MS)	> 18	22,90	22,80	21,40
Amidon (% DM)	< 20	11,43	11,62	12,56
Besoins d'une vache de 650 kg produisant 35 kg de lait		Apport nutritionnel des trois rations (2 ^{ème} lactation)		
UFL	22	22,4	22,4	22,2
PDI	2262	2236,5	2228,8	2176,6
PDI/UFL	103	99,8	99,4	97,9
NDF (% MS)	> 35	47,8	47,9	48,0

ADF (% MS)	> 18	24,0	23,9	23,2
Amidon (% DM)	< 20	11,5	11,6	12,6

2.3 Paramètres suivis

2.3.1 Indicateurs zootechniques

- Quantités d'aliments distribuées : elles sont évaluées chaque mois en pesant les quantités réelles d'aliments consommées par les animaux.
- Évaluation de l'état corporel et du poids vif des vaches : Le poids vif a été estimé individuellement une fois par mois en mesurant le périmètre thoracique à l'aide d'un ruban spécifique pour vaches laitières.
- La notation de l'état des réserves corporelles (NEC) a été réalisée en utilisant des grilles de notation normalisées, spécifiquement ajustées pour les vaches de race Prim'Holstein et Montbéliarde (Bazin, 1984 ; Hulsen, 2010). Cette méthode repose sur l'observation visuelle et la palpation de zones clés du corps de la vache (dos, hanches, base de la queue) afin d'attribuer une note de 0 à 5, où 0 indique une vache extrêmement maigre, et 5 un excès de poids prononcé. L'évaluation a été réalisée à trois reprises pour chaque animal, la moyenne des scores étant retenue pour l'analyse. (Annexe 6)
- Quantités de lait produites : Les contrôles laitiers ont été effectués tous les quinze jours. La production initiale (PLI) a été déterminée en se basant sur les contrôles effectués quotidiennement au cours du 4e, 5e et 6e jour de la lactation. La production laitière maximale (PLMax) a été déterminée en sélectionnant la valeur la plus élevée parmi les moyennes journalières calculées tout au long des différentes semaines de lactation. La production 305 jours (PL305) a été calculée sur la base de la production laitière totale.
- Score de remplissage du rumen : Évalué à l'aide de la grille développée par Zaaijer et Noordhuizen (2003) (Annexe 7). Ce score est attribué sur une échelle de 1 à 5. Un score de 1 correspond à un flanc gauche très creux, tandis qu'un score de 5 reflète un rumen bien rempli, avec une continuité marquée entre le flanc et les côtes.
- Consistance des matières fécales et fraction non digérée : Ces paramètres sont évalués à l'aide de la grille de Zaaijer et Noordhuizen (2003) (Annexe 8). La

fraction fécale non digérée est notée sur une échelle de 1 à 5. Un score de 1 correspond à des matières fécales homogènes, dans laquelle aucun élément non digéré n'est visible, tandis qu'un score de 5 reflète la présence abondante de particules alimentaires non digérées dans les matières fécales. Pour la consistance des matières fécales, un score de 1 indique des matières très liquides, tandis qu'un score de 5 correspond à des matières fécales très épaisses et compactes, ressemblant à des crottins de cheval.

2.3.2 Indicateurs de reproduction

Les paramètres de reproduction sont calculés à travers l'enregistrement des évènements de reproduction suivant :

- Date de la dernière insémination.
- Date de vêlage, ainsi que le sexe et le poids des veaux.
- Résultats des diagnostics de gestation successifs.
- Intervalle Vêlage – Vêlage.

2.4 Collecte des échantillons du lait

Au cours de la première et de la deuxième lactation, des échantillons de 250 ml de lait de chaque vache ont été prélevés dans un flacon en plastique et soumis à des analyses physico-chimiques. La collecte d'échantillons pour la détermination de la qualité du lait a lieu immédiatement après la traite matinale. Pour éviter les effets de la température ambiante lors de l'acheminement vers le laboratoire, les échantillons sont déposés dans une glacière isotherme portable. Sur chaque échantillon de lait, nous avons effectué trois dosages simultanés et pris la moyenne arithmétique des résultats.

2.4.1 Composition Physico-chimiques

Les analyses laitières sont réalisées mensuellement et portent sur l'acidité, la densité, le taux butyreux, le taux protéique ainsi que le test de mouillage. Elles sont effectuées à l'aide d'un analyseur de lait spectrométrique, le Lactoscan Ultrasonic Milk Analyzer, qui utilise la technologie ultrasonique pour mesurer automatiquement et avec précision la composition du lait.

2.5 Calcul des performances économiques

Le coût alimentaire journalier par vache est obtenu en multipliant la quantité journalière de chaque aliment utilisé dans la ration par son prix unitaire, puis en additionnant les résultats obtenus pour chaque aliment (Djermoun *et al.*, 2017).

Les charges totales journalières par vache peuvent être estimées en prenant en compte que 80 % des charges globales sont allouées à l'alimentation, ce qui découle de l'absence de terres cultivables (Hamadou & Bouyer, 2005 ; Joubert, 2014). Ainsi, l'élevage est mené en hors-sol, ce qui implique que l'alimentation des vaches repose entièrement sur l'approvisionnement en matières premières achetées.

$$\text{Charges totales} = \frac{\text{Coût de l'alimentation}}{0,80}$$

La dernière étape consiste à rapporter les charges totales journalières à la quantité de lait produite quotidiennement par une vache. Cela permet de déterminer le prix de revient d'un kilogramme de lait, selon la formule suivante :

$$\begin{aligned} \text{Prix de revient d'un kg de lait (DA/kg)} \\ = \frac{\text{Charges totales journalières par vache (DA)}}{\text{Quantité de lait produite par jour (kg)}} \end{aligned}$$

2.6 Le traitement des données

Les données collectées ont été consignées et organisées dans un tableau Excel. En fonction type des données recueillies au cours de l'expérience et de l'objectif du traitement, nous avons effectué des calculs des paramètres descriptifs (moyennes et d'écart-types), ainsi avons examiné les corrélations entre différents paramètres. La fiabilité des différences a été évaluée en utilisant le test de Student pour effectuer une comparaison entre les deux lactations. Par ailleurs, une analyse de variance (ANOVA) a été réalisée pour comparer les effets des trois rations alimentaires. Des différences significatives ont été identifiées avec un seuil de signification fixé à $p < 0,05$.

3. Résultats et discussions

3.1 Caractéristiques des Génisses au début de l'expérimentation

Les génisses pleines ont été introduites en mars de l'année 2022, présentant une gestation moyenne de $5,7 \pm 0,97$ mois, avec un poids moyen de $511 \pm 43,25$ kg. Les

premiers vêlages ont été regroupés, se déroulant entre juin et juillet 2022. Ainsi, l'âge au premier vêlage s'est situé à $30,2 \pm 5$; $30,2 \pm 5,8$ et $31,3 \pm 1,3$ mois pour les lots 1, 2 et 3 respectivement. Les notes d'état corporel (NEC) moyennes lors du premier vêlage ont été de $3,22 \pm 0,37$. Quant au poids moyen du veau à la naissance, il s'est situé à $37,8 \pm 5,2$ kg pour l'ensemble des groupes (Tableau 46). Aucune différence significative n'a été observée entre les groupes pour ces paramètres initiaux ($p > 0,05$).

Tableau 46: Caractéristiques des Génisses dans les trois lots

Ration	1	2	3	Totale
Nombre d'animaux	6	6	6	18
Niveau de productivité de la mère « 1ère lactation »	$6\,988 \pm 425$	$5\,783 \pm 366$	$6\,120 \pm 127$	$6\,297 \pm 306$
Mois de gestation (mois)	$5,91 \pm 0,54$	$6 \pm 1,24$	$5,41 \pm 0,27$	$5,7 \pm 0,97$
Age au premier vêlage (mois)	$30,21 \pm 5,04$	$30,18 \pm 5,85$	$31,31 \pm 1,30$	$30,56 \pm 4,60$
Poids du veau à la naissance (kg)	$36,3 \pm 2,99$	$37 \pm 0,68$	$40,1 \pm 5,11$	$37,81 \pm 5,22$
Note d'état corporelle	$3,16 \pm 0,12$	$2,95 \pm 0,55$	$3,55 \pm 0,45$	$3,22 \pm 0,37$
Poids vif (kg)	$505 \pm 46,5$	$502 \pm 48,01$	$527 \pm 35,24$	$511 \pm 43,25$

3.2 Apports alimentaires des trois régimes

3.2.1 Consommation de la matière sèche

Les quantités de matière sèche consommées ont été évaluées aux débuts, au milieu et à la fin de la lactation à partir des quantités distribuées et des refus pour les trois rations alimentaires. On a observé une augmentation de la consommation de la matière sèche (MS) du début à la mi- lactation, ensuite, elle s'est stabilisée jusqu'à la fin de la lactation. Pendant la première lactation, les moyennes d'ingestion de matière sèche se sont établies à $19,61 \pm 1$, 20 ; $19,91 \pm 1,82$ et $19,80 \pm 2,17$ kg respectivement pour les trois rations, tandis que pour la deuxième lactation, les consommations ont

atteint $21,21 \pm 1,52$; $21,5 \pm 1,73$ et $21 \pm 2,36$ kg pour les trois types de rations (Tableau 47). Aucune différence significative de consommation n'a été observée entre les trois groupes ($p < 0,05$). Nos observations concordent avec les résultats de Merdaci *et al.*, (2018) dans la région Est de l'Algérie, qui indiquaient une augmentation de la quantité quotidienne de matière sèche ingérée (MSI) au cours des lactations successives (L1 : $14,5 \pm 1,6$, L2 : $15,5 \pm 2,6$) chez la Montbéliarde. Cependant, cette quantité reste insuffisante, conduisant fréquemment à un bilan énergétique négatif. Par ailleurs, les recherches de Ghozlane *et al.*, (2009) menées dans la wilaya de Constantine révèlent que les apports en matière sèche des rations atteignent en moyenne $19,3 \pm 2,02$, et ils affirment que cette quantité est conforme à la norme préconisée par Jarrige (1988). En conséquence, on constate que les vaches en deuxième lactation ont tendance à consommer plus de matière sèche et à avoir des apports énergétiques plus élevés par rapport à la première lactation, ce qui est cohérent avec les besoins accrus associés à une lactation antérieure. Les ajustements de la ration en fonction du stade de lactation et du rang peuvent être nécessaires pour assurer une alimentation optimale et maintenir la santé et la productivité des vaches laitières.

3.2.2 Apports énergétiques

Au début de la première lactation, les apports énergétiques offerts par la ration du lot 3 semblent mieux répondre aux besoins des vaches, avec des valeurs de 17,22, 17,51 et 17,63 UFL pour le lot 1, 2 et 3 respectivement (Tableau 47). Cependant, en milieu de lactation, les apports énergétiques du lot 3 sont les plus faibles, enregistrant des moyennes de 19,21, 19,23 et 18,03 UFL pour les trois lots. Cette diminution pourrait compromettre la persistance de la lactation ou affecter l'état corporel des animaux de ce lot. En fin de lactation, on observe une tendance générale à la diminution des apports énergétiques pour les trois rations dans les deux rangs de lactation. Les vaches en deuxième lactation présentent des besoins énergétiques plus élevés que celles en première lactation, ce qui se traduit par des valeurs d'UFL supérieures tout au long des différentes phases de lactation. Parmi les trois rations testées, La ration 2 semble être la mieux adaptée pour répondre efficacement aux besoins énergétiques des vaches laitières dans toutes les phases de la lactation.

3.2.3 Apports protéiques

Au début de la première lactation, les apports protéiques sont les plus élevés dans le lot 2, atteignant 1 685,28 g, surpassant ceux des lots 1 et 3 (Tableau 47). En milieu de lactation, une augmentation des PDI est notée dans le lot 1 et 2, atteignant respectivement 1 857 g et 1 851 g, tandis que le lot 3 présente des apports plus faibles (1 699 g), ce qui pourrait restreindre les performances des vaches. En fin de lactation, une diminution générale des apports protéiques est observée dans les trois lots, en cohérence avec les besoins réduits des vaches en production. Chez les vaches en deuxième lactation, les apports protéiques sont généralement plus élevés que ceux observés lors de la première lactation. Parmi les différents lots, le lot 2 se distingue en offrant des apports protéiques plus équilibrés, adaptés aux exigences nutritionnelles des animaux à chaque stade de lactation.

De nombreux auteurs mettant en évidence le décalage entre la capacité d'ingestion et l'augmentation brusque et intense des besoins énergétiques au début de la lactation (Wolter, 1997 ; Faverdin, 1992 ; Hayirli *et al.*, 2011). Cette diminution de l'ingestion constitue une cause majeure du déficit énergétique à la fin de la gestation et au début de la lactation (Billa, 2020). Une baisse moyenne d'ingestion de 7 % a été enregistrée en post-partum, suivie d'une augmentation atteignant son maximum au milieu de la lactation. Ces constatations concordent avec les résultats de Ferré et Aubadie (2004), qui ont identifié que le maximum d'ingestion de matière sèche est atteint entre la 10^{ème} et la 12^{ème} semaine de lactation. Par ailleurs, la densité énergétique moyenne des rations ingérées est supérieure (0,88 UFL/kg de MS) à la densité énergétique minimale recommandée en début de lactation, fixée à 0,81 UFL/kg de MS selon Faverdin *et al.* (2018). Ainsi, ces rations peuvent compenser la diminution de la quantité de matière sèche ingérée pour répondre aux besoins nutritionnels durant cette période.

Tableau 47: Consommation de matière sèche et apports nutritionnels des différentes rations durant les deux lactations

Rang de lactation	Stade de lactation	Ration								
		1			2			3		
		MS (kg/j)	UFL/j	PDI	MS (kg/j)	UFL/j	PDI (g/j)	MS (kg/j)	UFL/j	PDI (g/j)

L 1	Début	19,61	17,22	1 665,10	19,91	17,51	1 685,28	19,80	17,63	1 660,89
	Milieu	21,83	19,21	1 857,52	21,84	19,23	1 850,82	20,25	18,03	1 698,57
	Fin	21,58	18,90	1 827,55	21,10	18,65	1 795,00	20	17,82	1 678,79
	Moyenne	21,01	18,44	1 842,54	20,95	18,46	1 777,03	20,02	17,83	1 679,42
L 2	Début	21,21	18,63	1 801,44	21,52	18,94	1 822,91	21	18,64	1 756,04
	Milieu	22,74	20	1 933,91	23	20,21	1 945,14	22,32	19,60	1 846,48
	Fin	22,13	19,42	1 877,83	22,40	18,82	1 811,36	21,50	19,12	1 801,26
	Moyenne	22,03	19,35	1 871,06	22,31	19,32	1 859,80	21,61	19,12	1 801,26

MS : Quantité de matière sèche ingérée (kg) ; **UFL** : apports énergétiques ; **PDI** : apports protéiques (g).

3.3 Poids vif des vaches au début de l'expérimentation

Lors du premier vêlage, les poids vifs moyens enregistrés étaient de $514 \pm 35,55$ kg pour le groupe 1, $507 \pm 38,73$ kg pour le groupe 2 et $554 \pm 46,72$ kg pour le groupe 3 (Tableau 48). Au cours du deuxième vêlage, une augmentation générale du poids vif a été observée dans les trois lots, avec des augmentations de (+140 kg, +167,5 kg, +123,5 kg). Cependant, les vaches du groupe 2 ont enregistré une forte augmentation de poids entre la première et la deuxième lactation. Ainsi, les poids vifs au premier vêlage varient significativement pour les différentes rations ($p < 0,05$). En revanche, le gain de poids entre deux mises bas successives ne montre aucune différence significative entre les trois lots ($p < 0,05$). Les résultats obtenus sont proches de ceux observés dans la région semi-aride algérienne par Madani et Mouffok en 2008, qui ont rapporté un poids adulte de 685 ± 95 kg pour les vaches montbéliardes importées au stade génisse. Ils concordent également avec les observations faites dans le Nord-Est algérien par Merdaci et Chemmam en 2016, mettant en évidence une augmentation du poids vif au cours des deux premières lactations, passant de 580 ± 45 kg à 607 ± 42 kg chez les vaches de race montbéliarde.

Tableau 48: Variation du poids vif et de la note d'état corporel au cours des deux lactations pour les trois lots

Stade	Groupes		
	G 1	G 2	G 3
PV au 1^{er} vêlage	$514 \pm 35,55_{a, b}$	$507 \pm 38,73_a$	$554 \pm 46,72_b$
PV au 2^{ème} vêlage	$654 \pm 86,21_a$	$674,5 \pm 96,40_a$	$677,5 \pm 68,69_a$
NEC 1^{er} V	$3,16 \pm 0,12_a$	$2,95 \pm 0,55_a$	$3,55 \pm 0,45_a$

NEC 2^{ème} V	3,17 ± 0,46 _a	3,17 ± 0,43 _a	3,46 ± 0,84 _a
NEC T	3,5 ± 0,41 _a	3,38 ± 0,30 _a	3,75 ± 0,85 _a

^{abc} différence significative sur les valeurs de la même ligne (p <0,05).

PV : Poids vif ; **NEC T** : Note d'état corporel au tarissement.

3.3.1 Evolution du poids vif des vaches durant les deux lactations

Les résultats de la figure 33 montrent une augmentation progressive du poids vif au fil des mois, avec des fluctuations relativement stables à partir du 3^{ème} mois de lactation 1. Pour les trois rations, le PV a augmenté au cours de la première lactation, atteignant 610 ; 618 et 641 kg au 9^{ème} mois de lactation. En conséquence, les vaches du groupe 3 ont affiché les réserves corporelles les plus élevées ainsi qu'un pic de poids précoce par rapport aux autres rations alimentaires. Cependant, ce pic ne persiste pas et une chute du poids a été constatée à partir de 3^{ème} mois de lactation. Cette situation est due à la baisse d'appétit dans les semaines postpartum chez les vaches grasses au vêlage. De plus, ces vaches présentent un excès de graisse dans le tissu péri-vaginal, perturbant le bon déroulement de vêlage et pouvant avoir des répercussions sur la santé et la longévité des animaux. Dans de telles circonstances, une supplémentation en fourrages fibreux s'est révélée efficace, entraînant une croissance plus lente mais préservant la santé globale de l'animal (Gidenne *et al.*, 2015).

Au cours de la deuxième lactation (figure 34), une baisse du poids vif est constatée chez les vaches des trois régimes alimentaires au deuxième mois de lactation, avec des réductions respectives de 2,5 %, 0,6 %, et 3,5 %. Cependant, les vaches appartenant au lot 2 se distinguent par une meilleure stabilité de leur poids vif durant cette période. À mi- lactation, une reprise progressive du poids vif est constatée, bien que les vaches du lot 3 montrent une récupération plus lente, ce qui pourrait indiquer des apports énergétiques ou protéiques insuffisants à ce stade. De manière générale, les vaches du lot 2 présentent un gain de poids plus stable tout au long de la lactation. En fin de lactation, une légère augmentation du poids vif est enregistrée pour tous les lots, reflétant la baisse progressive des besoins liés à la production laitière et la reconstitution des réserves corporelles.

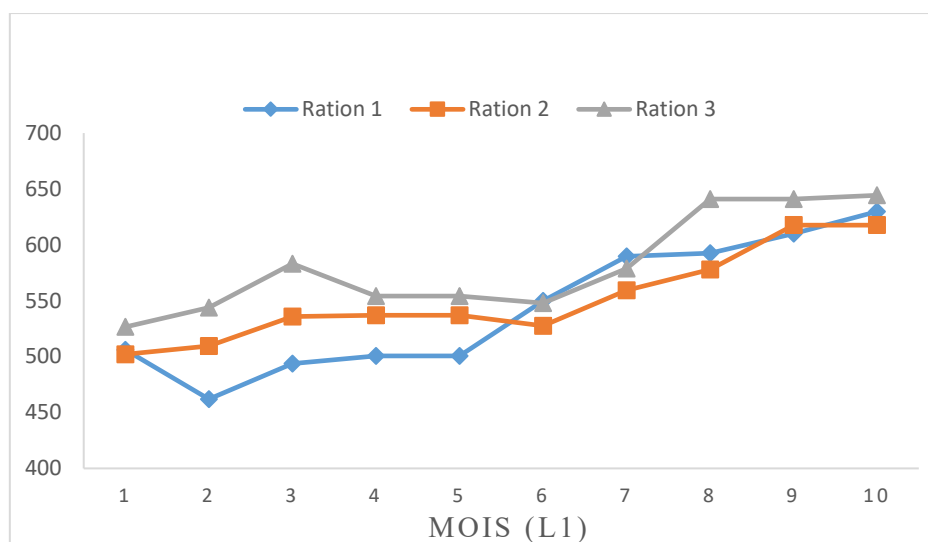


Figure 33: Evolution du poids vif au cours de la première lactation en fonction des trois régimes alimentaires

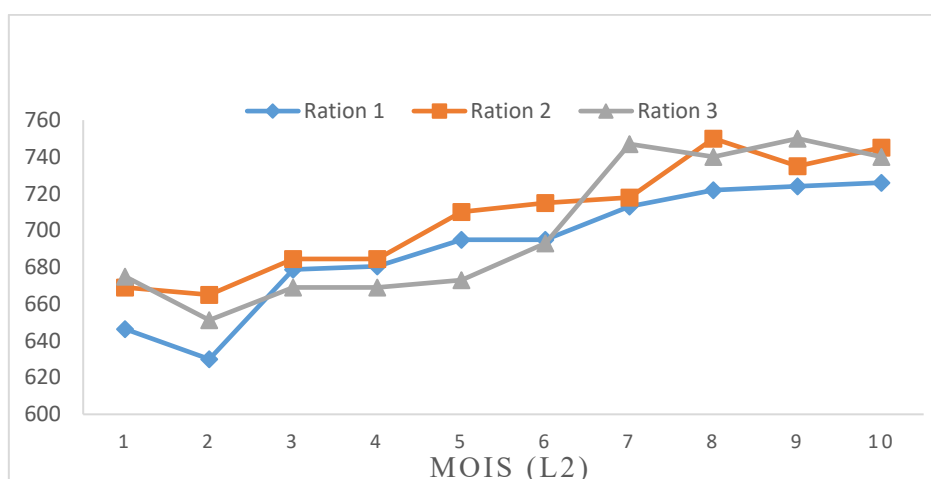


Figure 34: Evolution du poids vif au cours de la deuxième lactation en fonction des trois régimes alimentaires

3.3.2 Poids des veaux à la naissance

Lors du premier vêlage, le poids moyen des veaux à la naissance était de $36,33 \pm 2,99$; $37 \pm 0,68$ et $40,12 \pm 5,11$ kg pour les lots 1, 2 et 3, respectivement. Au deuxième vêlage, ces poids sont passés à $38,83 \pm 7,33$; $40,5 \pm 1,67$ et $44,67 \pm 5,11$ kg pour les trois groupes. Le lot 3 se distingue par les poids les plus élevés des veaux, avec une progression de 11,17 %. Le lot 3 se distingue par les poids les plus élevés, avec une progression de 11,17 % entre les deux vêlages. Cette augmentation du poids des veaux est généralement prévisible, car les vaches en deuxième lactation sont physiologiquement plus matures et mieux adaptées pour porter un fœtus. Dans la zone centrale de l'Algérie, Mefti *et al.* (2016) ont enregistré un poids moyen de naissance

des veaux montbéliarde proche de nos résultats, avec une moyenne de $40,15 \pm 2,54$. En revanche, dans la région semi-aride algérienne, Madani et Mouffok (2008) ont rapporté un poids de naissance moyen de $39,65 \pm 4,32$ pour les veaux issus de mères importées.

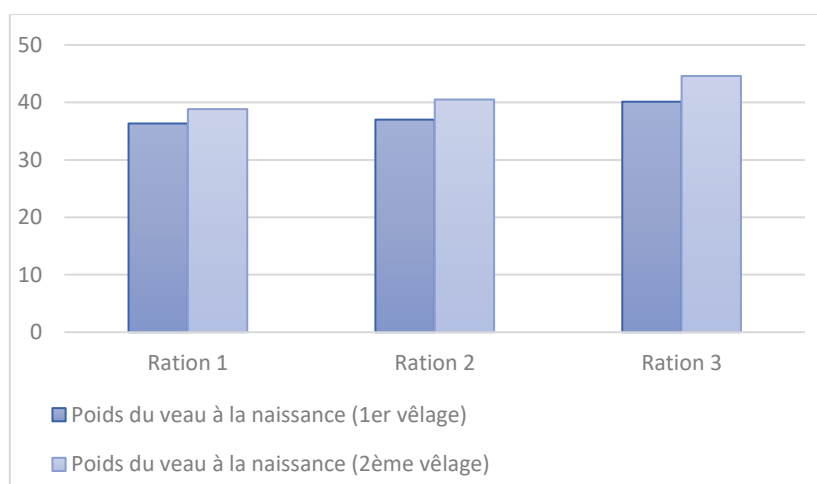


Figure 35: Poids des veaux à la naissance lors du 1er et du 2ème vêlage

3.3.3 Réserves corporelles

Pour la note d'état corporel, les résultats montrent de légères variations au premier vêlage pour les trois lots, avec des moyennes de $3,16 \pm 0,12$; $2,95 \pm 0,55$ et $3,45 \pm 0,45$ pour le lot 1 ; 2 et 3 respectivement (Tableau 48). Il est à noter que le groupe 3 présente les réserves corporelles les plus élevées au cours de la première et de la deuxième lactation ($3,45$ et $3,46$). Au moment du tarissement de la première lactation, les réserves ont été pratiquement totalement reconstituées pour les trois lots ($3,5 \pm 0,41$; $3,38 \pm 0,30$; $3,75 \pm 0,85$), démontrant ainsi l'efficacité de l'alimentation dans le maintien et le rétablissement des réserves corporelles des vaches. Ainsi, l'objectif de la note d'état corporel de $3,5$ à 4 pendant la période de tarissement est atteint (Ferré, 2003). Il est recommandé de maintenir cet état d'engraissement jusqu'au vêlage, en évitant des variations de poids excessives, que ce soit en gains ou en pertes (Domecq *et al.*, 1997). Nos résultats dépassent ceux obtenus dans l'Est de l'Algérie par Merdaci *et al.*, (2018), qui ont constaté une NEC au vêlage en dessous des notes recommandées (NEC de 3).

L'évolution de la note d'état corporel révèle qu'au cours des deux premiers mois de la 1^{ère} lactation, la mobilisation des réserves corporelles a été de $0,36$, $0,46$ et $0,55$ respectivement pour les trois groupes (Figure 36). Une forte corrélation entre le poids des vaches au vêlage et le taux de mobilisation des graisses corporelles a été mise en

évidence. Les vaches les plus lourdes mobilisent davantage leurs réserves que les vaches maigres. Les animaux du lot 1 et 2 ont atteint un seuil autour de (3,5 et 3,2) à partir du sixième mois de lactation, restant relativement stable par la suite. La note d'état corporel moyenne atteint son maximum (3,8) au 9^{ème} et 10^{ème} mois, montrant une variation plus marquée que les autres lots. Cette disparité dans les scores corporels entre les trois groupes de vaches est statistiquement significative ($p < 0,05$). Une mobilisation de 20 à 70 kg de lipides a été rapportée au cours des 60 jours suivant le vêlage, Cette baisse résulte de la réduction de l'appétit et de l'augmentation de la production laitière entraînant une mobilisation excessive des réserves corporelles et une diminution de la note d'état corporel (Otto *et al.*, 1991). Le milieu de lactation, est marqué par une augmentation de la NEC, traduisant la reconstitution des réserves corporelle de l'animal grâce à la restauration de sa capacité à ingérer de la matière sèche et à l'activation de la lipogenèse entraînant une hausse de la note d'état corporel. À la fin de la lactation, la note d'état corporel retrouve son niveau initial au vêlage, ce qui est le cas dans notre étude.

Au cours de la deuxième lactation, une diminution du NEC a été observée dans les trois lots durant les premiers mois, ce qui concorde avec les résultats observés par Drame *et al.*, (1999) et Otz (2006). Il est à noter qu'une vache ayant une note de 3,5 points au vêlage consomme 1,3 kg de moins par jour qu'une vache ayant une note de 2,5 points (Broster, 1998).

Une stabilisation progressive du NEC a été observée entre le 4^e et le 7^e mois pour les trois lots (Figure 37). Ensuite, une augmentation marquée du NEC a été enregistrée à partir du 7^e mois, jusqu'à atteindre un plateau au 9^e ou 10^e mois. Cette hausse correspond à une diminution progressive de la production laitière, permettant aux animaux de reconstituer leurs réserves corporelles. En générale, Le lot 2 se distingue par un maintien plus constant du NEC tout au long de la deuxième lactation, tandis que le lot 3 montre des fluctuations plus importantes.

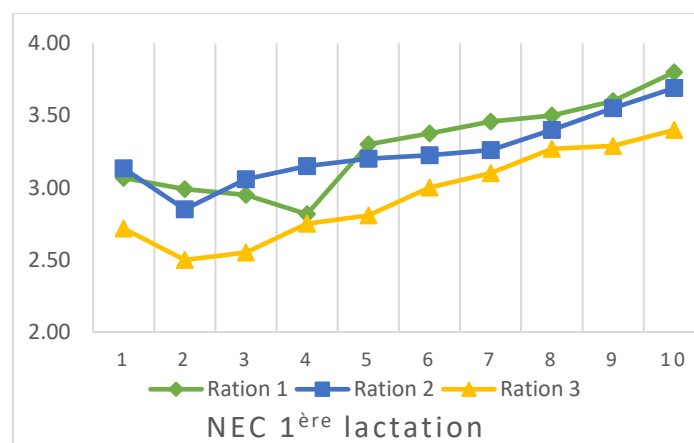


Figure 36: Evolution de la note d'état corporel des vaches au cours de la 1ère lactation

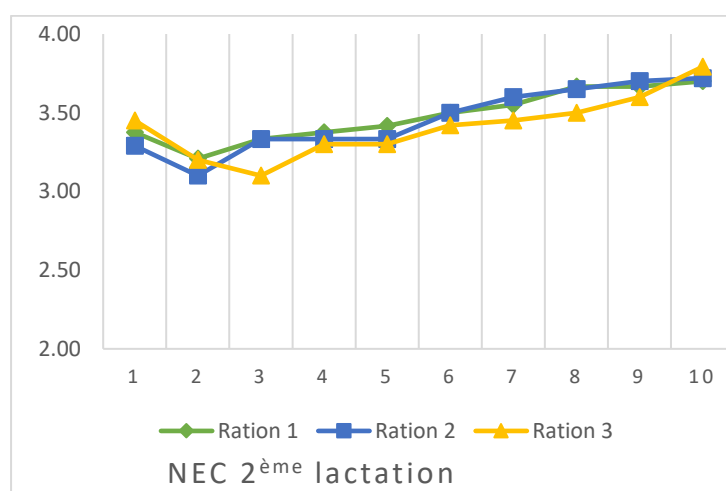


Figure 37: Evolution de la note d'état corporel des vaches au cours de la 2ème lactation

3.4 Score de remplissage du rumen

Le tableau ci-dessous présente l'état de remplissage du rumen des vaches en lactation pour trois rations différentes. D'après Zaaijer et Noordhuizen (2003), la note idéale doit être entre 3 et 4. La Ration 3 se distingue par la moyenne la plus élevée parmi les trois, affichant un score de 4,1 avec une variabilité modérée ($\pm 0,34$). En revanche, les Rations 1 et 2 présentent des moyennes légèrement inférieures (respectivement $3,7 \pm 0,24$ et $3,8 \pm 0,48$). Ces scores sont dans les normes et suggèrent que le rumen est bien rempli, indiquant une consommation alimentaire adéquate et un bon transit. Cela indique que les vaches recevant ces rations bénéficient de quantités alimentaires suffisantes. Pendant la période de tarissement, il est essentiel de maintenir une note de 4. Une ration équilibrée favorisant le développement des papilles est nécessaire pour assurer un

remplissage adéquat. L'objectif de l'alimentation proposée est de rétablir rapidement la note à 3, selon les recommandations de Hulsen (2010).

Tableau 49: Score moyen de rumen des vaches en lactation (1ère et 2ème) en fonction des trois rations alimentaires

Rations	Score de rumen			
	Moyenne	Ecart type	Min	Max
R 1	3,73 _a	0,24	3,33	4,08
R 2	3,80 _a	0,50	2,83	4,50
R 3	4,10 _a	0,34	3,46	4,50

^{abc} différence significative sur les valeurs de la même colonne ($p < 0.05$).

3.5 Matières fécales

La consistance des matières fécales et la fraction fécale non digérée chez les vaches laitières représentent des éléments importants pour évaluer la digestibilité des rations alimentaires qui leur sont fournies. Les résultats obtenus (Tableau 50) révèlent des consistances moyennes relativement similaires entre les trois rations ($3,1 \pm 0,56$; $3 \pm 0,36$; $3,1 \pm 0,53$). Ces valeurs témoignent d'une bonne digestibilité des rations. Selon les recommandations de Zaaijer et Noordhuizen (2003), un score de consistance des matières fécales de 3 est considéré comme idéal pour les vaches laitières, et une note de 2 pour la fraction fécale non digérée est jugée acceptable tant pour les vaches en lactation que pour les vaches tarées. En ce qui concerne les fractions fécales non digérées, la ration 3 affiche la moyenne la plus basse, reflétant une digestion alimentaire efficace chez les vaches de ce groupe ($2,6 \pm 0,37$), suivie de près par R1 ($2,7 \pm 0,38$) et R2 ($2,8 \pm 0,37$). Cependant, il n'a été noté aucune différence significative dans les matières fécales entre les trois régimes alimentaires étudiés ($p < 0,05$).

Dans notre étude, les trois régimes alimentaires distribués aux vaches laitières présentent des tailles de particules différentes. En effet, les rations 1 et 2 sont des rations totales mélangées, tandis que la ration 3 est composée de concentré ajouté au fourrage. Ces observations concordent avec les résultats de Maulfair *et al.* (2011), qui ont constaté une diminution de la digestibilité de la matière sèche avec l'augmentation de la taille des particules de la ration totale mélangée, indiquant une taille critique supérieure à 1,18 mm pour une résistance accrue à la fuite du rumen chez les vaches laitières hautes productrices. Kononoff et Heinrichs (2003), ont également noté une

diminution de la digestibilité de la matière sèche, passant de 66,5 % à 63,1 % avec l'augmentation de la taille des particules de la ration. Cependant, ces résultats contrastent avec les observations de Yang et Beauchemin (2005), qui ont observé une augmentation de la digestibilité de la matière sèche avec l'augmentation de la taille des particules de la ration. Ces variations peuvent être attribuées aux interactions complexes entre le type de fourrage, le rapport fourrage/concentré et la fermentescibilité de l'amidon en relation avec la taille des particules de fourrage (Yang et Beauchemin, 2007).

Tableau 50: Consistance des matières fécales et fraction fécale non digérée chez les vaches en lactation selon les trois types de rations

Rations	Consistance des matières fécales		Fraction fécale non digérée	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
R 1	3,1 _a	0,56	2,7 _a	0,38
R 2	3 _a	0,36	2,8 _a	0,37
R 3	3,1 _a	0,53	2,6 _a	0,37

^{abc} différence significative sur les valeurs de la même colonne (p <0,05).

3.6 Production laitière

3.6.1 Première lactation

Les résultats relatifs à la production laitière moyenne sont présentés dans le Tableau 51. Au cours de leur première lactation, les vaches ont initié leur production quotidienne avec des valeurs de 14,94 ; 12,15 ; et 15,97 kg, pour ensuite atteindre des pics de production de 25,96 ; 23,90 et 26,06 kg respectivement, dans les trois lots. Ainsi, la ration 3 a générée la production la plus élevée tout au long de la première lactation, atteignant 6 653 kg. Pour la production laitière journalière moyenne, le lot 3 présente la valeur la plus élevée avec $21,82 \pm 1,94$ kg, suivi de lot 1 et lot 2 avec $20,73 \pm 2,97$ et $19,22 \pm 1,65$ kg, respectivement.

3.6.2 Deuxième lactation

Au cours de la deuxième lactation, les performances laitières initiales varient entre 18 et 21 kg par jour, marquant ainsi une nette amélioration par rapport à la première lactation. En effet, les vaches continuent leur développement, notamment du système mammaire, ce qui leur permet d'augmenter progressivement leur capacité à

produire du lait au fil du temps. (Tableau 51). Cette augmentation peut être attribuée au processus de maturation continue des vaches, notamment du système mammaire, qui se développe et atteint une plus grande capacité de production de lait au fil du temps. Les trois lots de vaches ont produit 6 940 kg, 6 685 et 6 632 kg respectivement lors de leur deuxième lactation. La production laitière quotidienne moyenne montre une plus grande homogénéité entre les groupes, avec des valeurs de $22,75 \pm 1,90$ kg, $21,92 \pm 2,59$ kg et $21,74 \pm 2,91$ kg pour les trois lots, respectivement. Bien que le lot 1 affiche une production légèrement supérieure, aucune différence significative n'est observée entre les lots.

La ration 1 a enregistré les performances les plus élevées au cours des deux premières lactations, avec une production totale de 6 632 kg. Nos résultats présentent des rendements relativement élevés en comparaison avec ceux obtenus dans la montagne de Kabylie algérienne par Belkheir *et al.* (2015), qui ont rapporté un rendement laitier estimé à $4\,805 \pm 1\,489$ kg/vache/an. Les troupeaux étudiés étaient constitués de bovins laitiers modernes, principalement de races Montbéliarde et Holstein. Ils surpassent également les performances observées dans le haut Cheliff par Belhadia et Yakhlef en 2013 (3413 ± 471 kg) chez la montbéliarde, à Médéa par Soumeia *et al* en 2012 (4884 kg), et à Tizi-Ouzou par Bouzida *et al* en 2010 ($4\,074 \pm 1\,278$ kg). Toutefois, même si les résultats de ces chercheurs indiquent des performances supérieures à la moyenne nationale, qui est d'environ 3200 kg/vache/an, ils restent relativement faibles malgré les initiatives déployées pour améliorer la génétique bovine (Bellil et Boukrif, 2021). Ces faibles performances s'expliquent non seulement par une gestion alimentaire déficiente en raison de la rareté et la cherté des aliments, mais également par d'importantes lacunes dans la conduite de la reproduction (Belhadia *et al.*, 2014 ; Merdaci *et al.*, 2018).

Tableau 51: Production laitière moyenne des vaches des trois lots au cours des deux premières lactations

Rang	PL	Groupes		
		G 1	G 2	G 3
L 1	PLI (kg/j)	14,94± 4,84a	12,15 ± 2,31a	15,97 ± 4,37 a
	PL max (kg/j)	25,96 ± 3,54 a	23,90 ± 1,94 a	26,06 ± 1,38 a

	PL305 (kg)	6 325 ± 906,4 a	5 861 ± 503,96	6 653 ± 591,86 a
	PL moy	20,73 ± 2,97 a	19,22 ± 1,65 a	21,82 ± 1,94 a
L 2	PLI (kg/j)	20,60 ± 2,96 a	20,39 ± 6,27 a	18,75 ± 6,73 a
	PL max (kg/j)	28,63 ± 1,94 a	28,84 ± 3,16 a	25,96 ± 2,48 a
	PL305 (kg)	6 940 ± 579,65 a	6 685 ± 790,12 a	6 632 ± 1181,7 a
	PL moy	22,75 ± 1,90 a	21,92 ± 2,59 a	21,74 ± 2,91 a
Totale	PL (L1, L2)	13 265 ± 743,02	12 494 ± 647,04	13 085 ± 886,78

^{abc} différence significative sur les valeurs de la même ligne (p < 0,05).

PL I : Production laitière initiale ; **PL max** : Production laitière maximale ; **PL 305** : Production laitière de lactation totale ; **PL moy** : Production laitière moyenne.

3.6.3 Evolution de la production laitière durant les deux lactations

La figure 38 présente des variations notables dans la production laitière entre les trois lots au cours de la première lactation. En effet, le lot 2 présente la production quotidienne initiale la plus basse parmi les trois lots (14,94 ; 12,15 et 15,97 kg) respectivement. Par la suite, une forte augmentation est observée au cours des premiers mois, atteignant un pic au quatrième mois. À l'inverse, le lot 3 commence avec la production la plus élevée, connaissant une forte augmentation avant de décroître de façon marquée par la suite. Toutefois, Bien que les productions initiales des lots 1 et 2 soient moins prononcées, elles maintiennent des niveaux relativement stables pendant les premiers mois avec une diminution plus lente par rapport au lot 3.

Au cours de la deuxième lactation, le Lot 2 se distingue par une production relativement stable après son pic, déclinant lentement pour atteindre 12 kg au 10^e mois, ce qui témoigne d'une meilleure persistance dans le temps (Figure 39). En revanche, le Lot 3 affiche la décroissance la plus rapide après son pic, avec une performance globale plus faible tout au long de la lactation.

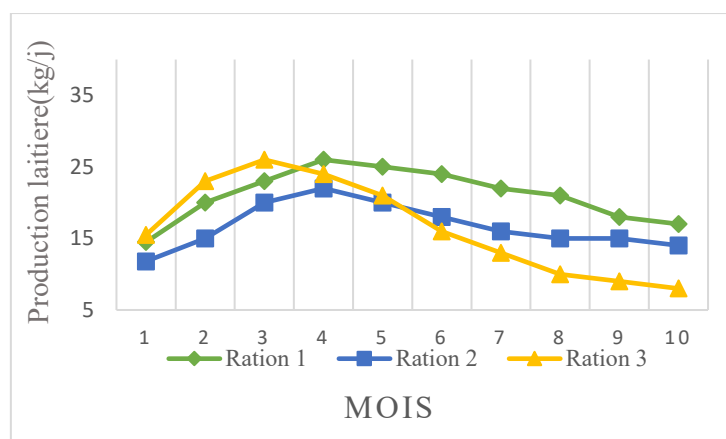


Figure 38: Courbes de la première lactation des trois lots

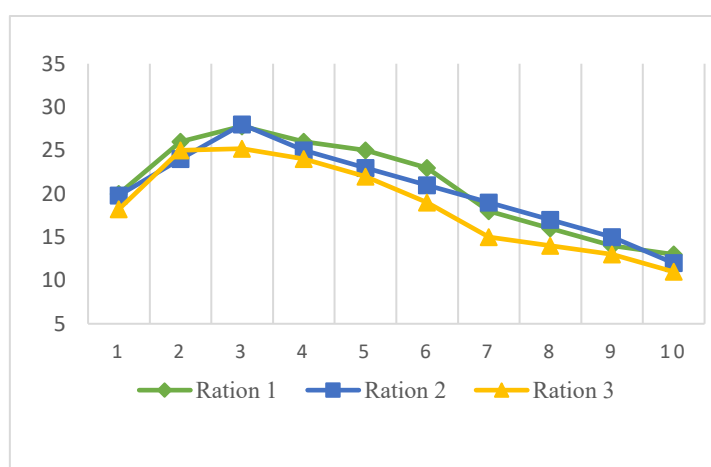


Figure 39: Courbes de la deuxième lactation des trois lots

3.6.4 Production laitière des mères

La figure 40 révèle que les deux groupes de vaches nourries avec la ration 1 et 2 présentent une productivité laitière inférieure par rapport au potentiel génétique de leurs mères pendant la première lactation. En revanche, les vaches nourries avec la ration 3 ont atteint un niveau de production laitière supérieur à celui de leurs mères. Cela confirme que l'alimentation joue un rôle crucial dans la production laitière et permet aux vaches de manifester leur potentiel génétique. Pendant la première lactation, les mères produisent en moyenne 6336 kg/vache/an dans leur pays d'origine. Tandis que les vaches importées issues de ces mêmes mères affichent une production moyenne légèrement inférieure de 6280 kg/vache/an, soit une différence moyenne de 56 kg.

Au cours de la deuxième lactation, la figure 41 met en évidence des différences significatives dans le niveau de productivité annuelle entre les vaches et leurs mères.

Le Lot 1 affiche les productions les plus élevées, tant chez les vaches (6940 kg) que chez leurs mères (9083,75 kg), ce qui souligne un potentiel génétique favorable. Toutefois, les performances laitières des mères dépassent celles de leurs descendantes de 24 %, 13 % et 17 % pour les Lots 1, 2 et 3 respectivement, ce qui indique que le Lot 2 maintient les valeurs les plus proches de celles des mères. En outre, une différence moyenne de 1485 kg a été constatée entre les mères et leurs descendantes, ce qui semble intéressant, d'autant plus que ces vaches sont confrontées à des conditions climatiques locales défavorables.

En effet, Les fréquentes périodes de sécheresse entravent l'adaptation de ces races aux conditions climatiques locales, ce qui se traduit par une baisse notable de leur production laitière (Flamant *et al.*, 1991 ; Madani & Mouffok, 2008 ; Mandonnet *et al.*, 2011). Selon les recherches de Zoghlami *et al.* (2022) menées dans l'ouest algérien, le stress thermique a un impact négatif sur les performances des vaches laitières importées des régions tempérées vers les zones à climat aride. De plus, la qualité globale du lait cru diminue avec l'augmentation du seuil de l'indice de stress thermique (THI). Par ailleurs, les études de D'Hour et Coulon (1994) indiquent qu'une température comprise entre 15 et 20°C favorise la production laitière avec une augmentation de 0.5 kg/jour. Au-delà de 25°C, la température a un effet défavorable sur la production laitière.

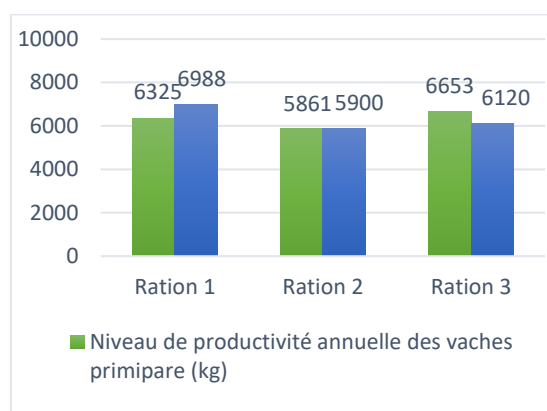


Figure 40: Production laitière annuelle des vaches et de leurs mères durant la première lactation selon trois rations alimentaires différentes

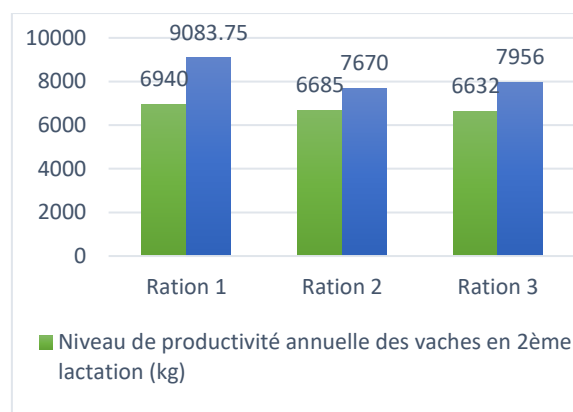


Figure 41: Production laitière annuelle des vaches et de leurs mères durant la deuxième lactation selon trois rations alimentaires différentes

3.6.5 Tarissement

La durée moyenne de tarissement s'établit à $63,77 \pm 14,07$ jours, elle est conforme aux normes admises, qui préconisent des intervalles compris entre 40 et 90 jours selon Hanzen (2009). La Figure 33 illustre des variations légères des périodes de non-productivité des vaches au sein des trois groupes. Ces variations se révèlent statistiquement non significatives ($p < 0,05$). Le Lot 2 affiche la durée moyenne de tarissement la plus courte, avec $66,16 \pm 12,08$ jours, suivi du Lot 1 avec $55,83 \pm 15,14$ jours, tandis que le Lot 3 présente la durée la plus longue ($69,33 \pm 13,41$ jours). Selon Velasco *et al.* (2008), une période de tarissement inférieure à 30 jours pourrait entraîner une diminution significative de la production laitière en raison d'une régénération incomplète des tissus sécrétoires. De plus, les recherches de Remond *et al.* (1997) indiquent qu'une réduction d'un mois de la période sèche entraîne une baisse d'environ 10 % de la quantité de lait produite au cours de la lactation suivante. En revanche, plusieurs auteurs signalent que l'allongement de la période de tarissement peut avoir un impact négatif sur la fécondité et augmenter les risques de mammites sub-cliniques au début de la lactation (Serieys, 2007 ; Gobikrushanth, 2014 ; Haou *et al.*, 2021 ; Pinedo *et al.*, 2011). Les constatations de Vercouteren *et al.* (2015), suggèrent qu'une période sèche excédant 77 jours chez les vaches laitières est associée à un retard de 50 jours dans la reprise de la cyclicité post-partum.

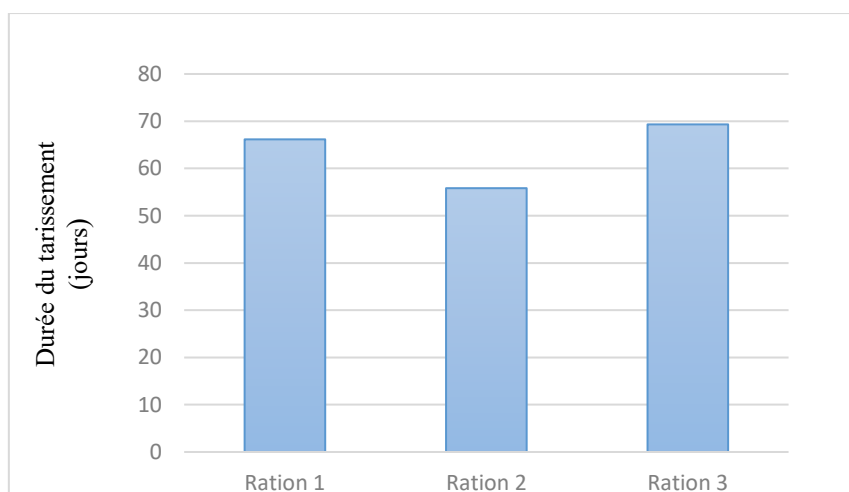


Figure 42: Variation de la durée du tarissement dans les trois lots

3.7 Caractéristiques physicochimiques du lait

Les résultats des analyses physico-chimiques des laits individuelle des 18 vaches durant la première et les deuxièmes lactations sont résumés dans le tableau ci dessous.

Tableau 52: Caractéristiques physicochimiques du lait au cours des deux premières lactations

Lots	Lactation 1						
	pH	TB (g/kg)	TP (g/kg)	Densité	ESD (g/l)	EST (g/l)	Lactose (g/l)
1	6,64± 0,12 _a	31,53±1,96 _a	30,71± 0,84 _a	1030,41 ± 0,93 _a	82,16 ± 5,49 _a	113,69±6,99 _{a,b}	45,8 ± 0,12 _a
2	6,67± 0,06 _a	32,15 ± 3 _a	30,13± 1,18 _a	1029,16 ± 1,37 _a	82,66 ± 3,31 _a	112,44 ± 8,45 _a	45 ± 0,15 _a
3	6,71± 0,04 _a	35,47± 2,68 _a	30,38 ± 1,6 _a	1030,01 ± 0,68 _a	85,34 ± 1,31 _a	120,81 ± 3,38 _b	46,4 ± 0,09 _a
	Lactation 2						
	pH	TB (g/kg)	TP (g/kg)	Densité	ESD (g/l)	EST (g/l)	Lactose (g/l)
1	6,69± 0,14 _a	35,30± 2,56 _a	30,75± 0,61 _a	1030,05± 0,75 _{a, b}	84,66 ± 1,39 _a	120,75 ± 1,72 _a	45,8 ± 0,09 _a
2	6,73± 0,02 _a	33,44± 2,02 _a	29,8 ± 0,5 _a	1029,19 ± 0,51 _a	82,59 ± 0,94 _b	116,54 ± 2,78 _b	44,7 ± 0,06 _a
3	6,70 ± 0,01 _b	35,23± 1,51 _a	30,68±0,27 _a	1029,94 ± 0,38 _b	82,59±0,71 _{a,b}	120,59 ± 1,76 _a	45,5 ± 0,04 _a

^{abc} différence significative sur les valeurs de la même colonne (p <0,05) ; TB : Taux butyreux ; TP : Taux protéique ; ESD : Extrait sec dégraissé ; EST : Extrait sec total.

3.7.1 pH

Le pH constitue un bon indicateur pour évaluer la fraîcheur du lait. La plage de référence se situe entre 6,6 et 6,8 (Amiot *et al.*, 2002). Les résultats de notre étude indiquent que tous les échantillons de lait analysés présentent des valeurs de pH moyennes conformes à cette norme, avec un minimum de $6,64 \pm 0,12$ et un maximum de $6,76 \pm 0,01$. Au cours des deux lactations successives, les moyennes de pH sont respectivement de $6,67 \pm 0,07$ et $6,72 \pm 0,06$ (Tableau 52). Ces légères variations des valeurs de pH peuvent être attribuées à plusieurs facteurs, notamment les conditions d'hygiène pendant la traite, les conditions climatiques, le stade de lactation des vaches et leur état de santé (Mathieu, 1998).

3.7.2 Taux butyreux

Pendant les deux lactations, le groupe 3 se distingue par des concentrations plus élevées de matière grasse par rapport aux autres groupes, affichant des moyennes de $35,47 \pm 2,68$ et $35,23 \pm 1,51$ g/kg respectivement. Ces taux butyreux moyens se situent en conformité avec la norme prescrite par loi algérienne (34 g/kg au minimum), suggérant une certaine stabilité dans les performances de ce groupe. En revanche, le groupe 1 présente des fluctuations plus prononcées, avec des taux butyreux moyens de $31,53 \pm 1,96$ g/kg lors de la première lactation, augmentant à $35,30 \pm 2,56$ g/kg lors de la seconde. Le groupe 2 maintient des niveaux intermédiaires tout au long des deux périodes, enregistrant des taux de $32,15 \pm 3$ et $33,44 \pm 2,02$ g/kg respectivement (Tableau 52). Il convient de souligner que la teneur en matière grasse du lait fait l'objet d'une variabilité notable, principalement influencée par la composition de la ration alimentaire. Cette variabilité est fortement corrélée à la proportion des fourrages, ainsi qu'à la nature des fibres et des concentrés incorporés dans les rations destinées aux vaches laitières. De même, une augmentation de la production laitière a tendance à s'accompagner d'une diminution de la concentration en matière grasse, en raison de sa dilution dans un volume de lait plus important (INRA, 2007). Les variations observées dans les taux butyreux entre les différents groupes peuvent être attribuées aux variations des teneurs en fibres dans les trois rations, qui présentent des teneurs en fibres respectives de 42,55 %, 42,87 % et 42,92 %. Ces écarts influencent directement la fermentation ruminale, en particulier la production d'acide acétique, principal précurseur de la synthèse des acides gras à chaîne courte dans le lait. Selon Baumont *et al.* (2011), la finesse de hachage influe directement sur la teneur en fibres des aliments

ainsi que sur leur ingestibilité. En effet, une finesse de hachage de 5 mm favorisant une ingestion maximale (Debrabander *et al.*, 1990). Cependant, un hachage excessivement fin accroît le risque d'acidose lorsque la proportion de particules inférieures à 2 mm dans la ration dépasse 45-50%, (Sauvant et Peyraud, 2010). En revanche, les études menées par Alzahal *et al.*, (2009) et Perfield *et al.*, (2007) indiquent que les vaches nourries avec un régime pauvre en fibres et en AGPI peuvent développer une acidose ruminale subaiguë, sans entraîner une baisse des matières grasses dans le lait.

La capacité des vaches à digérer les nutriments de leur alimentation affecte l'apport en énergie métabolisable, ce qui est important pour maintenir des taux butyreux optimaux. Par conséquent, Les régimes équilibrés en énergie et riches en fibres digestibles favorisent la production de matières grasses dans le lait (Wolter, 1997). Nos résultats sont inférieurs à ceux rapportés dans la région centre-nord de l'Algérie par Kaouche-Adjlane et Mati (2017), qui ont rapporté des teneurs moyennes de 37,8 g/kg de matière grasse chez les exploitations laitières à faible rendement (3053 kg), expliquées par l'effet de dilution du lait (Labarre *et al.*, 1994). En revanche, nos résultats sont supérieurs à ceux observés dans la Wilaya de Tissemsilt par Elhadj *et al* en 2015 (25,14 g/kg) et dans les hauts plateaux du Cheliff par Remane *et al* en 2016 (32,00 ± 3,60 ; 29,76 ± 0,68) pour la race Montbéliarde au cours de la 1^{ère} et la 2^{ème} lactation, respectivement.

Les figures 43 et 44 présentent les fluctuations de la teneur en matière grasse du lait des trois lots tout au long des différents stades de chaque lactation (1 et 2). Pendant la première lactation, le taux de matière grasse moyenne débute à 37,1 g/kg, subissant ensuite une baisse marquée pour atteindre son point le plus bas par le lot 1 à 27,5 g/kg à 150 jours. À partir de là, une remontée progressive s'observe jusqu'à la fin de la lactation. En effet, Lot 3 affiche la remontée la plus marquée du taux butyreux, tandis que Lot 1 présente une reprise plus lente. Quant au Lot 2, il adopte une évolution plus stable et régulière.

Concernant la deuxième lactation, Initialement, le taux de matière grasse est notablement plus élevé, à 39,3 g/kg. Il diminue ensuite pour atteindre son minimum à 30 g/kg à 50 jours, puis augmente progressivement jusqu'à la fin de la lactation, atteignant 39,5 g/kg à 300 jours. Pour les trois lots, on observe une baisse du taux butyreux au début de la lactation, suivie d'une remontée progressive vers la fin.

Toutefois, le lot 2 se distingue par une évolution plus stable, affichant une remontée modérée et régulière tout au long de la lactation.

D'une manière générale, Le taux butyreux est influencé par le niveau de production laitière, les taux évoluent de manière inverse à la quantité quotidienne de lait produite en raison de la dilution du lait (Bony *et al.*, 2005). Les taux de matière grasse atteignent leur minimum autour du pic de lactation (Croguennec *et al.*, 2008). Ces constatations sont en cohérence avec celles rapportées par (Hamidi *et al.*, 2020 ; Remane *et al.*, 2016 ; Legarto *et al.*, 2014), qui ont noté une réduction de la teneur en matières grasses du lait qui atteint son niveau le plus bas après environ 6 semaines, puis augmente progressivement jusqu'à la fin de la période de lactation.

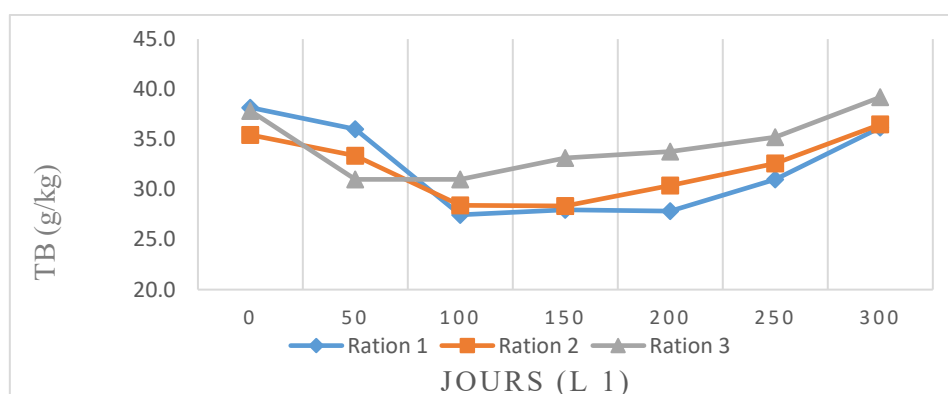


Figure 43: Evolution du Taux Butyreux (TB) du lait de vache pour les trois lots au cours de la première lactation

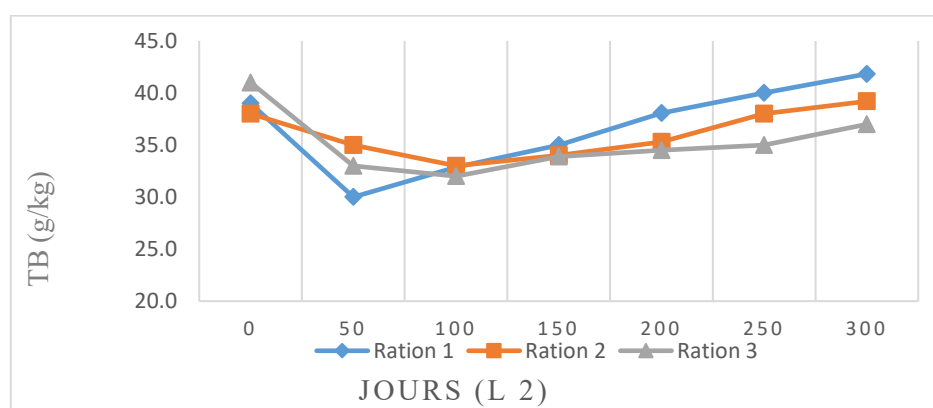


Figure 44: Evolution du Taux Butyreux (TB) du lait de vache pour les trois lots au cours de la deuxième lactation

3.7.3 Taux protéique

En général, on observe une légère variabilité des taux protéiques entre les différents groupes. Ces taux semblent être plus stables en comparaison avec les taux

butyreux pour l'ensemble des laits collectés. Durant les deux périodes, le groupe 2 montre des taux protéiques plus bas par rapport aux autres groupes, affichant une moyenne de $30,13 \pm 1,18$ et $29,8 \pm 0,5$ g/kg respectivement. D'autre part, le groupe 1 présente les taux protéiques moyens les plus élevés avec $30,71 \pm 0,84$ et $30,75 \pm 0,61$ g/kg au cours des deux lactations. En ce qui concerne le groupe nourri par la ration 3, il enregistre des taux de $30,38 \pm 1,6$ et $30,68 \pm 0,27$ g/kg respectivement.

3.7.4 Rendements en matière grasse et en protéines

Les rendements en protéines pour chaque lot au cours des deux premières lactations montrent que le lot 1 est le plus performant, atteignant 0,64 kg/j en première lactation et 0,70 kg/j en deuxième lactation (Tableau 53). Il est suivi de près par le lot 3, tandis que le Lot 2 présente des rendements plus faibles et reste relativement stable au fil des lactations. En ce qui concerne la matière grasse, le lot 3 affiche les rendements les plus élevés avec 0,77 kg/j en première lactation et en deuxième lactation. Le lot 1, quant à lui, connaît une amélioration notable de ses rendements en deuxième lactation. Le lot 2 reste plus constant mais avec des rendements plus faibles.

Les légères variations observées dans les taux protéiques du lait entre les trois régimes peuvent être attribuées, d'une part, à la quantité et à la qualité des protéines présentes dans ces régimes, et d'autre part, à l'équilibre des acides aminés au sein de ces protéines, notamment la lysine et la méthionine, qui peuvent favoriser une meilleure synthèse des protéines dans le lait (Raggio, 2006). La ration 1 se distingue par une quantité de protéines digestibles supérieure par rapport aux autres rations (1858,49 ; 1850,82 et 1698,57 PDI, respectivement). Par ailleurs, l'énergie est une composante essentielle pour soutenir les processus métaboliques impliqués dans la synthèse des protéines du lait. Ainsi, les régimes plus riches en énergie favorisent la synthèse des protéines du lait (Coulon et Remond, 1991 ; Beckers, 2013). Cette observation est confirmée par le groupe 3, qui maintient un taux protéique intermédiaire malgré sa faible quantité de protéines digestibles par rapport aux autres rations. En effet, ce groupe a affiché un bilan énergétique positif et a présenté le rapport PDI/UFL le plus bas parmi les trois groupes, avec des valeurs de 96,70 ; 96,25 et 94,21 respectivement. Les mêmes observations ont été signalées par Matallah *et al.* (2015) dans la région du nord-est algérien, indiquant que la teneur en protéines du lait ($32,2 \pm 6,1$) augmente en fonction de la richesse des rations en énergie. Par ailleurs, Merdaci *et al.* (2018) ont

rapporté un taux moyen de protéines dans le lait de $33,5 \pm 2,1$ g/L, Bouamra *et al.* (2019) ont enregistré une valeur de $(32,5 \pm 0,19$ g/l) pour la race montbéliarde, et Belkheir (2015) de $33,5 \pm 2,6$ g/l.

Tableau 53: rendements en matière grasse et en protéines du lait pour chaque lot au cours des deux premières lactations

Rations	Production laitière (kg/vl/j)	Rendement en TB (kg/j)	Rendement en TP (kg/j)
Lactation 1			
1	$20,73 \pm 2,97$	0,65	0,64
2	$19,22 \pm 1,65$	0,62	0,58
3	$21,82 \pm 1,94$	0,77	0,66
Lactation 2			
1	$22,75 \pm 1,90$	0,80	0,70
2	$21,92 \pm 2,59$	0,73	0,65
3	$21,74 \pm 2,91$	0,77	0,67

3.7.5 Ratio TB/TP

Le rapport TB/TP permet d'évaluer la santé métabolique du troupeau, en fournissant des estimations des risques d'acidose et de déficit énergétique. Selon Agridea (2007) et Heuer *et al.*, (1999), un rapport TB/TP compris entre 1 et 1,5 est considéré comme optimal. Un rapport inférieur à 1 suggère un risque d'acidose, tandis qu'un rapport supérieur à 1,5 indique un risque d'acétonémie (Vlček *et al.*, 2016 ; Ennuyer, 2008). Dans notre étude, les rapports TB/TP obtenus se situent tous dans les plages normales recommandées. Au cours de la première lactation, les moyennes enregistrées sont de 1,03, 1,07 et 1,17 pour les trois groupes respectivement. Pour la deuxième lactation, ces rapports sont évalués à 1,15, 1,12 et 1,15 (Figure 45). Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus par Buttchereit *et al.*, (2010), qui ont observé une tendance à une augmentation du rapport TB/TP en fonction du nombre de lactations. Ils ont également noté que les vaches ayant des mises basses tardives présentent un déficit énergétique plus prononcé au cours de la phase initiale de lactation.

Tout au long des deux périodes de lactation, les vaches alimentées avec la ration 3 présentent un rapport TB/TP moyen plus élevé que les autres groupes (1,16). Cette observation est attribuable à un taux butyreux moyen plus élevé dans ce groupe, mesuré à $35,35 \pm 2,09$. Globalement, ces résultats dévoilent que les rations alimentaires fournies aux vaches sont équilibrées en énergie et en fibres, réduisant ainsi le risque de maladies métaboliques telles que l'acidose et l'acétonémie. D'autre part, les résultats de Toni *et al.* (2011) révèlent que les animaux dont le lait présentait un rapport TB/TP supérieur à 2 au début de la lactation ont montré une prédisposition accrue à des affections post-partum telles que la rétention placentaire, le déplacement de la caillette vers la gauche et la métrite clinique. En outre, les travaux de Cabezas-Garcia *et al.* (2021) ont rapporté que des ratios TB/TP élevés dans le lait ($\geq 1,5$) étaient systématiquement liés à un bilan énergétique négatif, à une diminution de la production laitière et à une perte de poids corporel. En contraste, les recherches de Vlček *et al.* (2016) ont révélé que des rapports TB/TP faibles ($< 1,0$) augmentaient le risque d'acidose et réduisaient les revenus des éleveurs en raison de la baisse de la production laitière.

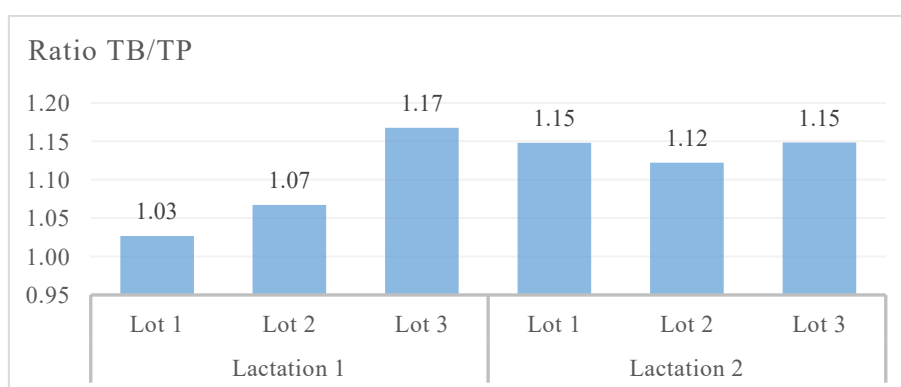


Figure 45: Rapport TB/TP du lait des trois lots au cours de la première et la deuxième lactation

3.7.6 Densité

La densité moyenne du lait enregistrée dans les trois groupes suivis se situe dans les normes établies (1028-1033) selon Alais (1984). Les résultats du tableau 40, indiquent une faible variation de densité entre les différentes rations alimentaires, avec des fluctuations minimales au cours des deux périodes de lactation successives. Cependant, le lait produit par les vaches du groupe 2 présente la densité la plus basse

par rapport aux autres groupes, mesurée à $1029,16 \pm 1,37$ et $1\ 029,19 \pm 0,51$ au cours des deux lactations respectivement. Les densités du lait dans les groupes 1 et 2 ont enregistré des valeurs très proches au cours des deux lactations, avec des moyennes de $1\ 030,41 \pm 0,93$ et $1\ 030,05 \pm 0,75$ pour la première lactation, et $1\ 030,01 \pm 0,68$ et $1\ 029,94 \pm 0,38$ pour la deuxième lactation, respectivement (Tableau 52). Il est à noter que la densité du lait est directement influencée par sa teneur en matière sèche, laquelle est étroitement associée à la fréquence d'abreuvement. (Sbouï *et al.*, 2016). Ces résultats sont clairement illustrés par nos observations, où les moyennes de matière sèche du lait les plus basses au cours des deux lactations sont de $112,44 \pm 8,45$ et $116,54 \pm 2,78$ g/l pour le groupe 2, qui produit du lait avec la densité moyenne la plus faible. Aussi, la fréquence de l'abreuvement augmente au cours de la période estivale, entraînant une diminution de la densité du lait, qui s'établit en moyenne à $1029,49 \pm 0,34$ en été et $1030,34 \pm 0,39$ en hiver. Czigster *et al.* (2012) ont rapporté que la saison exerce une influence significative sur la composition chimique du lait, avec des concentrations et des densités plus faibles observées pendant la saison estivale. Ces résultats sont en contradiction avec ceux de Parmar *et al.* (2020), qui ont obtenu des valeurs de densité les plus élevées pendant la saison estivale ($1,0314 \pm 0,00005$ g/cm³), correspondant à des teneurs en matières grasses les plus faibles. Ils ont signalé que la matière grasse avait un effet significatif sur la variation de la densité du lait ($p < 0,05$). De plus, des études antérieures ont démontré que la densité du lait dépend de la teneur en matières grasses et en solides non gras du lait (Scott *et al.*, 1998). Dans notre étude, les moyennes de TB du lait en hiver et en été étaient respectivement de $33,13 \pm 2,03$ et $35,75 \pm 1,08$, mettant en évidence une forte corrélation négative entre le TB et la densité du lait. Des observations similaires ont été rapportées dans la région semi-aride algérienne par Mansour (2018) et dans la wilaya de Tissemsilt par Elhadj *et al.* (2015).

3.7.7 Extrait sec total et dégraissé

La matière sèche dégraissée constitue la fraction des matières solides du lait dépourvue de matières grasses. Son évaluation permet de mesurer la proportion de composants solides non gras, jouant un rôle crucial dans la fabrication des produits laitiers, notamment le fromage, et influençant la texture, la saveur et la qualité globale de ces produits transformés (Agabriel *et al.*, 1999). Au cours des deux lactations, le lait provenant des vaches alimentées avec la ration 3 présente les valeurs les plus élevées d'ESD parmi les trois rations. En effet, un bilan énergétique positif entraîne une

augmentation de la synthèse des protéines dans le lait, ce qui se traduit également par une augmentation des matières sèches dégraissées dans le lait. Ces constatations concordent avec celles de Bousbia *et al.* (2012) ; Brasil *et al.* (2015), qui suggèrent que la réduction du taux de protéines (TP) est liée à une faible teneur en matières sèches dégraissées.

Au cours de la deuxième lactation, la matière sèche dégraissée des laits issus des vaches nourries avec la ration 1 montre une augmentation marquée par rapport à la première lactation ($82,16 \pm 5,49$ g/l et $84,66 \pm 1,39$ g/l, respectivement). En comparant la lactation 1 et 2, on observe une tendance à l'augmentation de la valeur d'ESD pour chaque ration. Les concentrations moyennes de l'extrait sec total (EST) dans le lait ont présenté une variation comprise entre $112,44 \pm 8,45$ et $120,81 \pm 3,38$ g/l. Une augmentation a été observée au cours des deux premières lactations, avec des valeurs passant de $115,64 \pm 6,27$ à $119,29 \pm 2,08$ g/l (Tableau 52). Selon Debouz et Guerguer (2014), la teneur en matière sèche du lait varie en fonction du stade de lactation, diminuant au cours du mois suivant le vêlage pour ensuite augmenter en raison de l'accroissement des taux de matière grasse et azotée. Par ailleurs, l'augmentation de la production laitière a tendance à diluer les composants de l'extrait sec, (Galvão *et al.*, 2010). Des constatations similaires sont rapportées par Brasil *et al.* (2015), qui observent une corrélation négative entre le volume de production et la teneur en extrait sec total (EST) dans le lait des vaches Holstein ($p < 0,05$). Deitos et coll. (2010) ont constaté que le pourcentage d'extrait sec dégraissé (ESD) et d'extrait sec total (EST) était influencé par les races ($p < 0,05$). Ils ont également trouvé une différence significative ($p < 0,05$) dans la teneur en EST du lait des vaches Suisse Brune (12,17 %) et Holstein (11,72 %). Ainsi, Junior *et al.* (2019) ont conclu que la teneur en extrait sec dans le lait est liée à la saison, au volume de lait produit, au nombre total de bactéries et de cellules somatiques dans le lait.

3.7.8 Lactose

Le lactose, principal sucre présent dans le lait et substrat pour les bactéries lactiques. Les variations de sa concentration sont intéressantes car elle pouvait être révélatrice de l'impact des infections intra mammaires sur l'intégrité de l'épithélium mammaire ainsi que sur le statut métabolique des animaux (Costa *et al.*, 2020). En effet, l'inflammation mammaire provoque une fuite de lactose du lait vers la circulation

sanguine en raison de la rupture des jonctions serrées des cellules épithéliales mammaires, entraînant ainsi une diminution du taux de lactose dans le lait (Decoopman *et al.*, 2022). Les résultats de notre étude révèlent que le taux moyen de lactose du lait se situe dans l'intervalle normal pour le lait cru, soit entre 40 et 50 g/l (Labioui *et al.*, 2009). Globalement, on observe une stabilité remarquable de teneur du lait en lactose, avec des variations minimales entre les trois rations alimentaires et également entre les deux lactations, oscillant entre un minimum de $44,7 \pm 0,6$ g/l et un maximum de $46,4 \pm 0,09$ g/l. Pendant la première lactation, le taux moyen de lactose dans le lait était de $45,7 \pm 0,12$ g/l (Tableau 52). Ensuite, tous les groupes suivis ont montré une diminution de ce taux au cours de la deuxième lactation ($45,3 \pm 0,06$ g/l). En effet, la parité a un effet significatif sur le taux de lactose du lait ($p < 0,05$), indiquant que les primipares présentent un taux de lactose plus élevé que les multipares. Cette observation peut s'expliquer par la différence de perméabilité de l'épithélium mammaire entre les vaches primipares et multipares. Les cellules épithéliales mammaires des primipares ont un épithélium mammaire plus jointif ce qui réduit la perte de lactose (Arnaud, 2018). Par ailleurs, Miglior *et al.* (2006) ont étudié la relation entre le pourcentage de lactose et la longévité, constatant que les vaches présentant un faible pourcentage de lactose étaient plus susceptibles d'être réformées. Francisco *et al.* (2003) ont conclu que le pourcentage de lactose dans le lait constituait le principal facteur contribuant à un modèle de prédiction des jours jusqu'à la seconde ovulation post-partum.

3.7.9 Mouillage

L'absence totale d'eau dans tous les échantillons de lait que nous avons analysés témoigne de manière qu'aucun mouillage accidentel n'est survenu, excluant ainsi la possibilité de la présence résiduelle d'eau de lavage dans les conduites de l'installation de traite ou du tank.

3.8 Performances de reproduction

3.8.1 Les paramètres de fécondité

Tableau 54: Indicateurs de fécondité des vaches des trois lots

Indicateurs de fécondité (jours)	Rations		
	1	2	3
Âge à la première saillie	$644,16 \pm 180,41_a$	$642,66 \pm 163,50_a$	$667,5 \pm 64,56_a$

Âge au premier vêlage	924,16 ± 180,40 _a	922,66 ± 164 _a	947,5 ± 64,7 _a
Intervalle vêlage-vêlage	370 ± 24,70 _{a,b}	360 ± 71,01 _a	404 ± 40,62 _b
Intervalle vêlage première saillie	77,16 ± 25,03 _{a,b}	75,16 ± 29,23 _a	107,83 ± 43,89 _b
Intervalle vêlage saillie fécondante	114 ± 65,46 _a	98,83 ± 60,36 _a	121,16 ± 42,33 _a

^{abc} différence significative sur les valeurs de la même ligne (p <0,05).

Les résultats présentés dans le tableau 54 montrent que les génisses pleines importées ont été mis à la reproduction à un âge moyen de 651,44 ± 137,10 jours soit 21,7 mois. Le lot 2 affiche l'âge moyen le plus bas à la première saillie (642,66 ± 163,50 jours), suivi de près par le groupe 1 (644,16 ± 180,41 jours), tandis que le groupe 3 présente un âge moyen plus élevé (667,5 ± 64,56 jours). Notons que la reproduction dans notre étude est exclusivement assurée par saillie naturelle.

Les intervalles entre deux vêlages ont été en moyenne de 378,44 ± 58,45 jours. Cependant, le groupe 2 présente le plus court intervalle vêlage-vêlage (360 ± 71,01 jours) avec une plus grande variabilité dans les intervalles, suivi par le groupe 1 (370 ± 24,70 jours). Le groupe 3 présente une moyenne plus élevée avec 404 ± 40,62 jours, dépassant l'objectif d'intervalle fixé par Hanzen (2009), qui recommande d'approcher autant que possible les 365 jours. Cependant, dans l'ouest algérien, Zineddine *et al.* (2010) ont enregistré un intervalle moyen entre vêlages de 470 ± 111 jours. Par ailleurs, Belhadia et Yakhlef en 2013, ainsi que Mefti (2016), ont observé des écarts entre deux vêlages moyens de 387 ± 52 jours et de 470,96 jours respectivement.

D'après Klingborg (1987), il est recommandé d'inséminer les vaches au cours des 90 premiers jours du postpartum. Nos résultats indiquent que l'intervalle moyen entre vêlage et première saillie est de 86,69 ± 32,71 jours (Tableau 54). Les groupes 1 et 2 présentent des intervalles entre le vêlage et la première saillie plus rapprochés (77,16 ± 25,03 et 75,16 ± 29,23 jours respectivement), tandis que le groupe 3 affiche un intervalle moyen plus long (107,83 ± 43,89 jours). Cependant, ces résultats sont inférieurs à ceux rapportés par Mefti (2016) avec 94,50 ± 53,09 jours, Haou *et al.* (2021) avec 108 ± 80,4 jours, et Zineddine *et al.* (2010) avec 159 ± 89 jours. Par ailleurs, Ghozlane *et al.* (2010) ont signalé un intervalle moyen entre vêlage et première insémination de 67,9 ± 34,5 jours, mais ont noté que 15,1% des vaches ont été

inséminées pendant la période d'involution utérine, entraînant des avortements précoces, des complications gynécologiques, et des métrites.

Nous avons enregistré un intervalle moyen entre vêlage et saillie fécondante de 111.33 ± 56.05 jours. Près de la moitié des vaches suivies dépassent l'intervalle objectif moyen de 85 jours établi par Hanzen (2009). Le groupe 2 présente le plus court intervalle vêlage-saillie fécondante (98.83 ± 60.36 jours), suivi par le groupe 1 (114 ± 65.46 jours), tandis que le groupe 3 enregistre l'intervalle le plus long (121.16 ± 42.33 jours). D'autre part, Djebablia et Aouane (2020) ont relevé un intervalle entre vêlage et insémination fécondante de 224 jours, tandis que Souames *et al.* (2016) ont obtenu un intervalle de 194 jours.

Par conséquent, le groupe 2 présente généralement des performances plus favorables en termes d'âge à la première saillie, d'âge au premier vêlage, et d'intervalle vêlage-vêlage. Le Groupe 1, quant à lui, occupe une position intermédiaire entre le G2 et le G3 en termes de performances, lesquelles demeurent acceptables. En revanche, le Groupe 3 tend à afficher des paramètres de fécondité moins favorables, marqués par des âges de mise à la reproduction plus avancés et des intervalles (V-IA 1, V-IA F, V-V) plus prolongés.

Nos constatations révèlent que les vaches ayant atteint un âge avancé lors de leur premier vêlage présentent des intervalles entre deux vêlages nettement plus longs, avec une moyenne de $947,5 \pm 64,7$ jours (groupe 3), soit près de 32 mois. La mise à la reproduction tardive des vaches contribue largement à l'allongement de cet intervalle entre vêlages. Cette constatation rejoint celle d'autres chercheurs tels que Ghozlane *et al.* (2010), Zineddine *et al.* (2010), ainsi que Wood (1985), qui ont également observé un allongement de ces intervalles avec l'âge des animaux. Par ailleurs, la nature de la ration de base exerce une influence sur la reproduction. En effet, l'augmentation du pourcentage de concentré dans la ration prolonge cet intervalle, comme c'est le cas pour la ration 3, dont la proportion de concentré est légèrement plus élevée (41,33 %) par rapport aux autres rations, entraînant ainsi des croissances excessives. Il est important de noter que le groupe 3 présente les réserves corporelles les plus élevées au moment de la mise à la reproduction, favorisant le développement du tissu adipeux au détriment du tissu de l'appareil génital. Cela peut également entraîner un risque que ces femelles n'expriment pas les premières chaleurs post-partum. Ces résultats concordent avec ceux

obtenus par Poncet (2002), qui a affirmé que l'augmentation du pourcentage de concentré dans la ration a un effet négatif sur les paramètres de fécondité. En revanche, Bouamra *et al.* (2016) n'ont observé aucune différence significative entre le pourcentage de concentré dans la ration et l'intervalle vêlage-vêlage. En outre, il convient de souligner que tout au long des deux lactations, les vaches nourries avec la ration 3 présentent un rapport TB/TP moyen plus élevé que les autres groupes (1,16). Dans plusieurs études, des rapports TB/TP élevés ont été associés à des impacts négatifs sur la fertilité, entraînant un allongement de l'anoestrus postpartum et une augmentation du taux de réforme en raison de l'infécondité (Ponsart *et al.*, 2006 ; Deguillaume, 2010).

3.8.2 Les paramètres de fertilité

À la lumière des résultats obtenus, il est observé que 72,22% des vaches ont été gestantes après la première insémination (Tableau 55). Ce taux élevé peut s'expliquer par la disponibilité d'un personnel technique qualifié à la ferme-école, assurant un suivi rigoureux des chaleurs, ainsi que par le recours à la saillie naturelle, ce qui a optimisé les chances de fécondation. Ces résultats sont conformes aux objectifs préconisés par plusieurs auteurs (Vallet et Paccard, 1984 ; Hagen et Gayraud, 2005), qui ont indiqué qu'en élevage bovin laitier, le taux de réussite en première saillie devrait dépasser les 60%. Le groupe 2 se distingue avec le taux de réussite le plus élevé en première insémination, atteignant 83,33%. Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus dans le nord-est de l'Algérie par Miroud *et al* en 2014 (25%), Merdaci et Chemmam (2016) chez la Montbéliarde (35%) et la Prim'Holstein (20%). Ils sont également proches des résultats rapportés par Kaouche-Adjlane *et al.* En 2016 (70%). Le recours à une 3^{ème} insémination est absent chez les vaches suivies. L'indice coïtal moyen est de 1,28, et le nombre d'inséminations nécessaires à la fécondation devrait idéalement être inférieur à 1,8 selon Hanzen (2005). Ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus dans le centre algérien par Saidi *et al.* En 2013 (IC : 3,45) ; Bouamra *et al* en 2016 (IC : 1,41). Globalement, Les résultats obtenus indiquent que les trois groupes ont des performances reproductives acceptables, mais le groupe 2 se démarque comme le plus performant dans ces paramètres de fertilité.

Tableau 55: Variation des paramètres de fertilité pour les vaches des trois lots

Rations	1	2	3	Moyennes
----------------	----------	----------	----------	-----------------

Taux de réussite en première insémination (%)	66,67 _a	83,33 _a	66,67 _a	72,22
Nombre d'inséminations pour une insémination fécondante (indice coïtal)	1,33 _a	1,17 _a	1,33 _a	1,28

^{abc} différence significative sur les valeurs de la même ligne (p <0,05).

3.9 Performances économiques

3.9.1 Évolution des performances économiques et productives

Le tableau 56 indique que durant la première lactation, le lot 3 semble être le plus performant en termes de coût alimentaire, de charges totales, de production laitière et d'efficacité économique. Cependant, ces performances ne persistent pas sur le long terme, et une baisse de la production laitière a été observée lors de la deuxième lactation au lieu de s'améliorer pour atteindre une capacité de production laitière plus élevée au fur et à mesure que le système mammaire des vaches se développe et qu'elles atteignent leur maturité complète. En effet, le coefficient de persistance optimale est de 90 %, ce qui signifie qu'au cours de cette période, la production laitière moyenne d'un individu diminue de 10 % chaque mois (Hanzen, 2008). Dans notre étude, la persistance de la lactation est de 92,7 %, 93,2 % et 81,7 % pour les trois lots respectivement. Ces résultats révèlent que la production laitière du lot 3 diminue de 18,3 % chaque mois, ce taux dépasse largement la valeur optimale recommandée. Cela a un impact négatif sur la rentabilité économique de ce lot durant la deuxième lactation, et le coût de production d'un litre de lait augmente de 61,86 à 62,07 DA.

En contraste, même si les productions initiales du lot 1 et 2 sont moins marquées, elles maintiennent des niveaux relativement stables avec une diminution mensuelle moyenne plus lente (7,3 % et 6,8 %) par rapport au lot 3. Les performances économiques se sont améliorées, et le coût de production d'un litre de lait a diminué au cours de la deuxième lactation de 6,59 DA pour le lot 1 et de 9,64 DA pour le lot 2.

3.9.2 Impact de la gestion de la reproduction

La gestion de la reproduction constitue un facteur crucial dans l'économie d'une exploitation agricole. En effet, l'intervalle entre les vêlages a une incidence directe sur le nombre de génisses disponibles. Selon Hanzen (2009), un allongement d'un mois de cet intervalle entraîne une réduction de 8 % du nombre total de veaux produits par le

troupeau. Par ailleurs, selon Kourot et Ortavant (1979), cités par Belhadia *et al.* (2009), un retard de fécondation de trois mois entraîne des pertes estimées à environ 400 kg pour une lactation de 3000 kg et 800 kg pour une lactation de 4000 kg. Les résultats de notre étude révèlent un intervalle moyen entre les vêlages de $404 \pm 40,62$ jours pour le lot 3, soit supérieure de deux mois par rapport à la norme. Cette prolongation de l'intervalle entre les vêlages génère des coûts supplémentaires liés à l'alimentation, au traitement et à la préparation des chaleurs. Ainsi, le nombre élevé d'inséminations dans le lot 3, avec un taux de réussite de 66,67 %, par rapport aux autres lots (1 et 2), accroît les dépenses d'élevage et entrave le renouvellement adéquat du troupeau.

La possibilité d'accroître les marges bénéficiaires réside dans l'autoproduction des matières premières utilisées en alimentation animale, au lieu de les importer, d'autant plus que ces aliments ont enregistré une hausse des prix sur les marchés internationaux suite à la crise sanitaire liée au Covid-19 (Daoudi et Bouzid, 2020 ; Sraïri, 2021). Dans notre étude, les charges alimentaires représentent plus de 80 % des charges totales, principalement en raison de l'absence de superficie cultivable. Ainsi, l'élevage est mené en hors-sol, et l'alimentation des vaches dépend entièrement des matières premières achetées.

3.9.3 Coût de production du lait

D'après Bellil et Boukrif (2021), le coût de production du lait en Algérie se classe parmi les plus élevés au monde par rapport au prix de vente. Dans la wilaya de Bejaia, Bellil et Boukrif (2015) ont signalé que plus de 60 % des exploitations laitières présentent un déficit, avec un coût de production moyen de 50,78 DA/Litre et un prix de vente de 47 DA/Litre. Ce coût de production élevé conduit à un abandon de la production nationale, même si elle est subventionnée, en faveur de la poudre de lait importée (Lazereg *et al.*, 2020 ; Belhadia *et al.*, 2014 ; Djermoun *et al.*, 2017). Les principales faiblesses et contraintes actuelles de la filière s'expliquent en grande partie par les effets des politiques alimentaires antérieures (Bencherif, 2001).

La mise en place d'une politique laitière basée sur des prix à la consommation fixés à un niveau bas par l'Etat a conduit les éleveurs à s'orienter vers la production de viande en consacrant les premiers mois de production laitière aux veaux. Cette approche a entraîné une limitation des rendements individuels et a restreint l'expansion de la production laitière locale. En conséquence, les éleveurs ont tendance à considérer le lait

comme un sous-produit de l'élevage (Madani et Mouffok, 2008 ; Djermoun et Chehat, 2012 ; Makhoulouf et Montaigne, 2017).

Tableau 56: Comparaison des Performances économiques et productives de trois Rations

Les Charges		Ration 1	Ration 2	Ration 3
Aliments (DA/Tête/jour)		1232,85	1204,45	1079,69
Charges totales (DA/Tête/jour)		1541,06	1505,56	1349,61
Quantités de lait produites (kg/jour)	Lactation 1	20,73	19,22	21,82
	Lactation 2	22,75	21,92	21,74
Coefficient de persistance (CP %)		92,07	93,02	81,07
Cout de production (DA/litre)	Lactation 1	74,33	78,33	61,86
	Lactation 2	67,73	68,69	62,07

CP = coefficient de persistance (P_n / P_{n-1}).

4. Conclusion :

L'utilisation de rations totales mélangées pour les vaches laitières permet d'assurer une alimentation complète et équilibrée à chaque bouchée, réduisant ainsi le tri et la séparation des ingrédients. Cette approche facilite également l'incorporation de divers sous-produits de base et d'ingrédients spéciaux dans l'alimentation. Les vaches présentent moins de troubles digestifs et affichent une stabilité accrue dans les composants du lait. Ces rations optimisées permettent aux vaches d'exprimer pleinement leur potentiel génétique, favorisant ainsi une production laitière maximale de manière durable, même dans des conditions climatiques locales défavorables. Ces résultats réaffirment l'efficacité de l'alimentation en RTM comme une stratégie prometteuse pour soutenir la performance globale des troupeaux laitiers.

Afin d'assurer des marges bénéficiaires satisfaisantes face à la hausse des coûts des aliments pour animaux, il est important d'intensifier et de diversifier les cultures fourragères tout en valorisant les matières premières locales, ainsi que de veiller à une gestion efficace de la reproduction. En parallèle, la production de génisses est essentielle pour maintenir un cheptel performant, réduisant ainsi la dépendance à

l'importation d'animaux et favorisant l'amélioration de la race locale. Ces initiatives visent à renforcer la productivité et la durabilité de l'élevage bovin laitier.

La priorité accordée à la recherche d'autosuffisance est souvent mise en avant pour assurer la sécurité alimentaire du pays. Cette stratégie présente l'avantage de générer des économies de devises grâce à la diminution des importations, tout en offrant une protection contre les fluctuations du marché mondial grâce à la production nationale.

5. Conclusion générale

L'élevage bovin laitier dans la région semi-aride de Sétif se caractérise par une grande diversité structurelle et fonctionnelle. Il est influencé principalement par la disponibilité des terres agricoles, la taille des troupeaux et les choix stratégiques adoptés par les éleveurs en matière de conduite alimentaire et de gestion des ressources. L'analyse typologique a permis de distinguer quatre profils d'exploitations : les grandes exploitations à vocation céréalière associée à l'élevage bovin laitier et ovin ; les exploitations de taille moyenne, combinant la production céréalière et l'élevage bovin laitier ; les petites exploitations à vocation céréalière et élevage bovin ; et les exploitations de type élevage bovin laitier en hors sol.

Malgré cette diversité, un constat global se dégage : la majorité des exploitations souffrent d'une autonomie alimentaire insuffisante, particulièrement vis-à-vis des concentrés, qui sont quasi exclusivement achetés, ce qui fragilise considérablement leur rentabilité et leur résilience. Cette dépendance reflète les limites des systèmes de production actuels, marqués par une faible maîtrise des systèmes fourragers, des superficies souvent insuffisantes par rapport aux besoins réels, et une gestion de l'alimentation basée davantage sur l'empirisme que sur des principes zootechniques rigoureux. Même les exploitations disposant d'un certain niveau de structuration, en termes de surfaces et de taille de cheptel, n'atteignent pas le potentiel de production attendu dans un système intensif performant.

Par ailleurs, l'expérimentation conduite sur la ferme-école COOPSEL a permis d'évaluer l'impact des rations totales mélangées sur les performances zootechniques, reproductives et économiques des vaches laitières. Les résultats démontrent que

l'alimentation en RTM, lorsqu'elle est bien équilibrée, permet d'assurer une meilleure ingestion, de réduire les déséquilibres nutritionnels, et d'optimiser l'expression du potentiel génétique des animaux. En effet, une amélioration notable a été observée sur les quantités de lait produites, la stabilité des composants du lait, l'état corporel des animaux ainsi que sur certains indicateurs de reproduction. D'un point de vue économique, ces rations ont contribué à une meilleure conversion alimentaire et à la réduction du coût de production de lait, notamment lorsque les matières premières locales sont bien valorisées.

Face à cela, plusieurs leviers d'action apparaissent indispensables pour renforcer la productivité et la durabilité de la filière :

- Il s'agit notamment d'intensifier et de diversifier les cultures fourragères adaptées aux conditions agro-climatiques locales.

- d'introduire des pratiques alimentaires plus équilibrées comme les rations totales mélangées (RTM).

- de valoriser les ressources locales telles que les résidus de récolte.

- de renforcer la gestion de la reproduction et de la santé animale.

- La production locale de génisses constitue également un enjeu stratégique pour limiter la dépendance à l'importation et consolider la race locale.

Enfin, cette dynamique ne peut aboutir sans un accompagnement technique structuré, une formation continue des éleveurs, une réorientation ciblée des politiques de soutien, et une sécurisation de la filière laitière. Une telle approche, centrée sur l'autonomie, l'efficacité et la durabilité, permettrait non seulement d'améliorer la productivité des exploitations, mais aussi de renforcer leur résilience face aux aléas économiques et climatiques, tout en contribuant à la sécurité alimentaire nationale et à la réduction des importations.

Références bibliographiques

- Abbas, K. (2004). La jachère pâturée dans les zones céréalières semi-arides : Pour une approche de développement durable. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 62, 169-173.
- Abbas, K. (2014). Les prairies naturelles, au cœur des stratégies de développement de la production laitière dans les hautes plaines sétifiennes d'Algérie. *Journées AFPP*, 138-139.
- Abbas, K., & Abdelguerfi, A. (2005). Perspectives d'avenir de la jachère pâturée dans les zones céréalières semi-arides. *Fourrages*, 184, 533-546.
- Abdelguerfi, A. (1987). Quelques réflexions sur la situation des fourrages en Algérie. *Revue Céréaliculture*, 16, 1-5.
- Abdelguerfi, A. (1989). La gestion des milieux naturels et artificiels en Algérie : Conséquences sur les ressources phytogénétiques. *Annales de l'Institut National Agronomique El Harrach*, 13(2), 145-156.
- Abdelguerfi, A., & Hakimi, M. (1990). Les prairies naturelles permanentes en Algérie : Problématique. *Annales de l'Institut National Agronomique El Harrach*, 14(1/2), 1-12.
- Abdelguerfi, A., & Laouar, M. (1997). La privatisation du foncier : Impact sur l'environnement et sur les ressources génétiques en Algérie. *Options Méditerranéennes. Série A : Séminaires Méditerranéens (CIHEAM)*, 32.
- Abdelguerfi, A., & Laouar, M. (1999). Les espèces pastorales et fourragères, leurs utilisations au Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). *FAO-RNE*, 1-135.
- Abdelguerfi, A., Laouar, M., M'Hammedi Bouzina, M., et al. (2008). Les productions fourragères et pastorales en Algérie: Situation et possibilités d'amélioration. *Agriculture & Développement*, 6, 14-25.
- Abdelli, R., Sadia, Y., Kaouche, S., & Benhacine, R. (2021). État des lieux de la filière laitière en Algérie et perspectives de développement. *Algerian Journal of Arid Environment (AJAE)*, 11(1), 11-11.
- Adamou, S., Bourennan, N., Haddabi, F., & Hamidouch, S. (2005). Quel rôle pour les fermes pilote dans la préservation des ressources génétiques en Algérie ? *Série de Document Travail N°126, Algérie*, 79p.
- Agabriel, C., Coulon, J. B., Sibra, C., & Albouy, H. (1999). Variabilité des caractéristiques des fromages saint-nectaire fermiers : Relations avec la composition du lait et les conditions de production. *Le Lait*, 79(3), 291-302.
- Agabriel, J., Farrié, J. P., Pottier, E., & POMIES, D. (2012). Conséquences zootechniques de simplifications de pratiques : exemples de la distribution des aliments et de la traite des vaches. *INRAE Productions Animales*, 25(2), 141-158.

- Agabriel, J., Pomiès, D., Nozières, M. O., & Faverdin, P. (2007). Principes de rationnement des ruminants. In *Alimentation des bovins, ovins et caprins : Besoins des animaux – Valeurs des aliments – Tables Inra 2007* (pp. 9-22). Éditions Qu?, Versailles, France.
- Agridea. (2007). Alimentation teneur en lait : Facteurs d'influence. Association Suisse pour le Développement de l'Agriculture et de l'Espace Rural, Suisse. 5 p.
- Alais, C. (1984). Science du lait, principe des techniques laitières. La Maison Rustique.
- Albornoz, R. I., & Allen, M. S. (2018). Highly fermentable starch at different diet starch concentrations decreased feed intake and milk yield of cows in the early postpartum period. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 8902–8915. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14502>
- Albornoz, R. I., Sordillo, L. M., Contreras, G. A., Nelli, R., Mamedova, L. K., Bradford, B. J., & Allen, M. S. (2020). Diet starch concentration and starch fermentability affect markers of inflammatory response and oxidant status in dairy cows during the early postpartum period. *Journal of Dairy Science*, 103(1), 352–367. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17065>
- AlZahal, O., Or-Rashid, M. M., Greenwood, S. L., Douglas, M. S., & McBride, B. W. (2009). The effect of dietary fiber level on milk fat concentration and fatty acid profile of cows fed diets containing low levels of polyunsaturated fatty acids. *Journal of Dairy Science*, 92(3), 1108-1116.
- Amaral-Phillips, D. M., Bicudo, J. R., & Turner, L. W. (2002). Feeding your dairy cows a total mixed ration: Getting started. Bulletin ID-141A, Cooperative Extension Service, College of Agriculture, University of Kentucky, Lexington, US.
- Amellal, R. (1995). La filière lait en Algérie : Entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance. *Options Méditerranéennes, Série B*, 4, 229-238.
- Amiot, J., Fournier, S., Lebeuf, Y., Paquin, P., Simpson, R., & Turgeon, H. (2002). Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. In *Sciences et Technologie du Lait* (pp. 1-73). Presses Internationales Polytechnique, Montréal.
- AnGR. (2003). Commission nationale. Rapport national sur les ressources génétiques animales. Algérie. MADR. 46 p.
- Araba, A. (2006). L'alimentation de la vache laitière pour une meilleure qualité du lait : Comment augmenter le taux butyreux et protéique du lait. Bulletin Mensuel de Liaison et d'Information du PNTTA. Transfert de Technologie en Agriculture. MADR/DERD (142).
- Arnaud, E. (2018). Effet d'une restriction alimentaire sur l'aptitude des vaches laitières à développer une réponse pro-inflammatoire (Doctoral dissertation, Institut national de recherche agronomique (INRA), 16 Le Clos, 35590 Saint-Gilles).

- Arrigo, Y. (2006). Influence du cycle, du stade et du mode de conservation sur la teneur en acides aminés des fourrages. *Revue Suisse d'Agriculture*, 38(5).
- Aufrère, J., Graviou, D., Demarquilly, C., Vérité, R., Michalet-Doreau, B., & Chapoutot, P. (1991). Predicting in situ degradability of feed proteins in the rumen by two laboratory methods (solubility and enzymatic degradation). *Animal Feed Science and Technology*, 33, 97-116.
- Bailey, K. E., Jones, C. M., & Heinrichs, A. J. (2005). Economic returns to Holstein and Jersey under multiple component pricing. *Journal of Dairy Science*, 88, 2269-2280.
- Balde, A. (2024). Méthode d'extraction de signatures de biomarqueurs métaboliques dans le cadre de prédiction des maladies chez les bovins laitiers.
- Bargo, F., Muller, L. D., Delahoy, J. E., & Cassidy, T. W. (2002). Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*, 85(11), 2948–2963. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74381-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74381-9)
- Bas, P., Archimede, H., Rouzeau, A., & Sauvant, D. (2003). Fatty acid composition of mixed-rumen bacteria: Effect of concentration and type of forage. *Journal of Dairy Science*, 86, 2940-2948.
- Bauchart, D., Legay-Carmier, F., Doreau, M., & Gaillard, B. (1990). Lipid metabolism of liquid-associated and solid-adherent bacteria in rumen contents of dairy cows offered lipid supplemented diets. *British Journal of Nutrition*, 63, 563-578.
- Baumont, R., Arrigo, Y., & Niderkorn, V. (2011). Transformation des plantes au cours de leur conservation et conséquences sur leur valeur pour les ruminants. *Fourrages*, 205, 35-46.
- Baumont, R., Maxin, G., & Nozière, P. (2016). The feed tables developed by Inra for forage quality evaluation: Comparison with CVB and NorFor values. In *The Multiple Roles of Grassland in the European Bioeconomy* (pp. 229-231). Wageningen Academic Publishers, *Grassland Science in Europe*, 21.
- Bazin, S., Augeard, P., Carteau, M., Champion, H., Chilliard, Y., Cuylle, G., Disenhaus, C., Durand, G., Espinasse, R., Gascoin, A., Godineau, M., Jouanne, D., Ollier, A., & Remond, B. (1984). Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches Pie Noires. Paris, France, RNED, ITEB, 31 p.
- Beckers, Y. (2013). Alimentation azotée des animaux de rente.
- Beckers, Y. (2013). L'équilibre des rations alimentaires des bovins : Quelques pistes pour améliorer l'efficacité azotée. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 17(SPL1).
- Bedrani, S., Chehat, F., & Ababasa, S. (2001). L'agriculture algérienne en 2000. Une révolution tranquille le PNDA. *Prospectives Agricoles*, 2001(1), 7-51.

- Beede, D. K. (2005, March). The most essential essential nutrient: water. In Proc. Western Dairy Management Conf (pp. 1-22).
- Bekhouche-Guendouz, N. (2011). Evaluation de la Durabilité des Exploitations Bovines Laitières des Bassins de la Mitidja et d'Annaba (Doctoral dissertation, Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'Alger (ENSA). Algérie. pp. 49, 58.
- Belair, G., Amrane, K., & Touati, A. (1988). Valorisation des prairies naturelles et élevage bovin en étage humide et subhumide : Est algérien. Annales de l'Institut National Agronomique El Harrach, 12(1), 374-398.
- Belhadia, M. A., & Yakhlef, H. (2013). Performances de production laitière et de reproduction des élevages bovins laitiers, en zone semi-aride : les plaines du haut Cheliff, Nord de l'Algérie. Livestock Research for Rural Development, 25(97). Retrieved December 10, 2023, from <http://www.lrrd.org/lrrd25/6/belh25097.htm>.
- Belhadia, M., Saadou, M., Yekhlef, H., & Bourbouze, A. (2009). La production laitière bovine en Algérie : capacités de production et typologie des exploitations des plaines moyennes de Cheliff. Revue Nature et Technologie, 1, 54-62.
- Belhadia, M., Yakhlef, H., Bourbouze, A., & Djermoun, A. (2014). Production et mise en marché du lait en Algérie, entre formel et informel : stratégies des éleveurs du périmètre irrigué du haut Chéliff. Revue New Médit, 1(2014), 41-49.
- Belkheir, B., Ghoulane, F., Benidir, M., Bousbia, A., Benahmed, N., & Agguini, S. (2015). Dairy production, farming practices and characteristics of milk of dairy cattle farms in mountain areas of Kabylia (Algeria). Livestock Research for Rural Development, 27(8). <https://www.lrrd.org/lrrd27/8/belk27145.html>
- Belkhodja, M., & Bidai, Y. (2004). Réponse des grains d'Atriplex halimus L. à la salinité au stade de la germination. Sécheresse, 15(4), 331-335.
- Bellil, K., & Boukrif, M. (2015). Analyse comparative de la rentabilité économique des différents systèmes d'élevage laitier à Béjaia. Revue Agriculture, 10(2015), 59-66.
- Bellil, K., & Boukrif, M. (2021). Les réformes de la filière lait en Algérie : Bilan et perspectives. Les Cahiers du CREAD, 37(2), 129-157.
- Benatallah, A., Ghoulane, F., & Marie, M. (2015). Dairy cow welfare assessment on Algerian farms. African Journal of Agricultural Research, 10(9), 895-901.
- Bencharif, A. (2001). Stratégies des acteurs de la filière lait en Algérie : état des lieux et problématiques. In Les filières et marchés du lait et dérivés en Méditerranée (Options Méditerranéennes, Série B, No. 32, pp. 28-30).
- Bencherchali, M., Baghdadi, M. F., Yahiatene, S., Saadi, S., & Belborhane, D. (2021). Etude de la valeur nutritive de l'orge hydroponique. African Animal Production Day (AAPD), 39.

- Bender, R. W., Hackbart, K. S., Dresch, A. R., Carvalho, P. D., Vieira, L. M., Crump, P. M., ... & Wiltbank, M. C. (2014). Effects of acute feed restriction combined with targeted use of increasing luteinizing hormone content of follicle-stimulating hormone preparations on ovarian superstimulation, fertilization, and embryo quality in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(2), 764–778. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7219>
- Bendiab, N. (2012). Analyse de la conduite d'élevage bovin laitier dans la région de Sétif (Master's thesis). Université Ferhat Abbas, Sétif, Algérie. 129 pp.
- Bendiab, N., & Dekhili, M. (2011). Typologie de la conduite des élevages bovins laitiers dans la région de Sétif.
- Benharkat, S. (1978). La production laitière (Doctoral dissertation). Institut des sciences vétérinaires, Constantine. 56 p.
- Benneou, R., Aubry, C., & Abbas, K. (2014). Analyse des itinéraires techniques dans les exploitations agricoles céréalières en milieu semi-aride de l'Est algérien. *Revue Agriculture*, 8, 26–37.
- Benniou, R., & Brinis, L. (2006). Diversité des exploitations agricoles en région semi-aride Algérienne. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 17(3), 399-406.
- Benniou, R., Aubry, C., & Abbas, K. (2014). Analyse des itinéraires techniques dans les exploitations agricoles céréalières en milieu semi-aride de l'Est algérien. *Revue Agriculture*, 8, 26–37.
- Benyoucef, M. T. (2005). Diagnostic systémique de la filière lait en Algérie: Organisation et traitement de l'information pour analyse des profils de livraison en laiteries et des paramètres de production des élevages (Doctoral dissertation). INA, Alger. 2 tomes: 396 p.
- Bergman, E. N. (1990). Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiological Reviews*, 70(2), 567-590.
- Bernard, L., Leroux, C., & Chilliard, Y. (2006). Characterisation and nutritional regulation of the main lipogenic genes in the ruminant lactating mammary gland. In K. Sejrsen, T. Hvelplund, & M. O. Nielsen (Eds.), *Ruminant physiology: Digestion, metabolism and impact of nutrition on gene expression, immunology and stress* (pp. 295-326). Wageningen Academic Publishers.
- Bessaoud, O. (2002). L'agriculture Algérienne : des révolutions agraires aux réformes libérales (1963-2002). In Blanc (Ed.), *Les agriculteurs du Sud et de l'Est de la Méditerranée* (pp. 73-99). L'Harmattan.
- Bessaoud, O., Pellissier, J. P., Rolland, J. P., & Khechimi, W. (2019). Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie (Doctoral dissertation, CIHEAM-IAMM).

- Billa, P. A. (2020). Identification of biomarkers of nutritional status in milk and nutrigenomic study of the mammary gland of Holstein and Montbéliarde cows (Doctoral dissertation, Université Clermont Auvergne [2017-2020]).
- Bir, A. (2008). Essai d'adaptation de la méthode des indicateurs de durabilité des exploitations agricoles (IDEA) au contexte de l'élevage bovin laitier de la zone semi-aride de Sétif (Thèse de magister, Institut National Agronomique, El Harrach, Alger).
- Bir, A. (2019). Stratégies d'adaptation des éleveurs bovins laitiers aux contraintes climatiques dans la région semi-aride de Sétif, Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, 31(7), 104. <https://www.lrrd.org/lrrd31/7/moh31104.html>
- Bir, A., Yakhlef, H., & Madani, T. (2014). Diversité des exploitations agricoles laitières en zone semi-aride de Sétif (Algérie). *Livestock Research for Rural Development*, 26(2), 26. <https://www.lrrd.org/lrrd26/2/bir26026.htm>
- Bir, A., Yakhlef, H., & Madani, T. (2015). Autonomie alimentaire des systèmes d'élevage bovins laitiers dans la région semi-aride de Sétif (Algérie). *Fourrages*, 221, 85-91.
- Birkelo, C. P., Brouk, M. J., & Schingoethe, D. J. (2004). The energy content of wet corn distillers grains for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87(6), 1815–1819. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73339-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73339-2)
- Blain, J.C. (2002). Introduction à la nutrition des animaux domestiques. Technique et documentation. 425 p.
- Blanc, F., Bocquier, F., Debus, N., Agabriel, J., D'hour, P., & Chilliard, Y. (2004). La pérennité et la durabilité des élevages de ruminants dépendent des capacités adaptatives des femelles. *INRAE Productions Animales*, 17(4), 287-302.
- Boddugari, K., Grant, R. J., Stock, R., & Lewis, M. (2001). Maximal replacement of forage and concentrate with a new wet corn-milling product for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 84(4), 873-884.
- Boisen, S., Hvelplund, T., & Weisbjerg, M.R. (2000). Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation. *Livestock Production Science*, 64, 239-251.
- Bony, J., Contamin, V., Gousseff, M., Metais, J., Tillard, E., Juanes, X., Decruyenaere, V., & Coulon, J.B. (2005). Facteurs de variation de la composition du lait à la Réunion. *INRA Productions Animales*, 18, 255-263.
- Borreani, G., Ferrero, F., & Tabacco, E. (2019). Baled silage management. In *Proceedings of the International Symposium on Forage Quality and Conservation* (pp. 219–246). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- Bouamra, M., Doubbi Bounaoua, L., Si Djilali, M., & Ghozlane, F. (2019). Qualité physicochimique du lait de vaches Prim'Holsteins et Montbéliardes dans l'Ouest

- algérien. *Livestock Research for Rural Development*, 31. <https://www.lrrd.org/lrrd31/2/bouam31028.html>
- Bouamra, M., Ghoulane, F., & Ghoulane, M. K. (2016). Facteurs influençant les performances de reproduction de vaches laitières en Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, 28(4). <https://www.lrrd.org/lrrd28/4/boua28051.htm>
- Boudjenouia, A., Fleury, A., & Tacherift, A. (2006). L'élevage périurbain de Sétif: une activité agricole très liée à la ville. *New Medit*, 2, 16-19.
- Boudjenouia, A., Fleury, A., & Tacherift, A. (2008). L'agriculture périurbaine à Sétif (Algérie): Quel avenir face à la croissance urbaine? *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 12(3), 287–294.
- Bouhamida, M. (2014). Conduite de l'élevage bovin laitier dans la région de Ghardaïa. Cas de la ferme d'El-Atteuf. 53p.
- 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.
- Bourbouze, A., Chouchen, A., Eddebbagh, A., Pluvinau, J., & Yakhlef, H. (1989). Analyse comparée de l'effet des politiques laitières sur les structures de production et de collecte dans les pays du Maghreb. In *Le lait dans la région méditerranéenne. Options Méditerranéennes, Série A, Séminaires méditerranéens*, n°6, 247-258.
- Bousbaa, A. (2018). Etude comparative du comportement de quatre espèces de vesce (genre *Vicia*) dans les conditions du semi-aride de la région centrale de Sétif [Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas - Sétif 1].
- Bousbia, A., Ghoulane, F., Benidir, M., & Belkheir, B. (2012). Évaluation de quelques caractères physico-chimiques des laits de mélange dans les troupeaux bovins laitiers dans le nord-est algérien. *Livestock Research for Rural Development*, 24(3). <http://www.lrrd.org>
- Bouzida, S., Ghoulane, F., Allane, M., Yakhlef, H., & 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.
- Brabez, F. (2012). Les contrats dans l'agriculture : cas de la filière lait. Colloque international. Algérie : cinquante ans d'expériences de développement. Alger 8 et 9 Décembre 2012 www.cread-dz.org/cinquante-ans/Communication_2012.
- Brasil, R. B., Silva, M. A. P. D., Carvalho, T. S., Cabral, J. F., Garcia, J. C., Nicolau, E. S., ... & Lage, M. E. (2015). Chemical profile, somatic cell count and milk production of Holstein, Girolando and Jersolando cows.
- Brito, L. F., Bédère, N., Douhard, F., Oliveira, H. R., Arnal, M., Peñagaricano, F., & Miglior, F. (2021). Genetic selection of high-yielding dairy cattle toward sustainable farming systems in a rapidly changing world. *Animal*, 15, 100292.

- Broster, W.H., & Broster, V.J. (1998). Body score of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 65, 155-173.
- Brugère, H. (1983). Biochimie du rumen – Aspects physiologiques. *Bulletin du GTV*, 3, 5-22.
- Brunschwig, P., Hurtaud, C., & Glasser, F. F. (2010). L'apport de lin dans la ration des vaches laitières : Effets sur la production, la composition du lait et des produits laitiers, les émissions de méthane et les performances de reproduction. *INRA Productions Animales*, 23(4), 307-318.
- Burgos, M. S., Senn, M., Sutter, F., Kreuzer, M., & Langhans, W. (2001). Effect of water restriction on feeding and metabolism in dairy cows. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 280(2), R418-R427.
- Butler, M., Patton, J., Murphy, J. J., & Mulligan, F. J. (2011). Evaluation of a high-fibre total mixed ration as a dry cow feeding strategy for spring-calving Holstein Friesian dairy cows. *Livestock Science*, 136(2–3), 85–92.
- Buttchereit, N., Stamer, E., Junge, W., & Thaller, G. (2010). Evaluation of five lactation curve models fitted for fat: protein ratio of milk and daily energy balance. *Journal of Dairy Science*, 93(4), 1702-1712.
- Cabezas-Garcia, E. H., Gordon, A. W., Mulligan, F. J., & Ferris, C. P. (2021). Revisiting the relationships between fat-to-protein ratio in milk and energy balance in dairy cows of different parities, and at different stages of lactation. *Animals*, 11(11), 3256. <https://doi.org/10.3390/animals11113256>
- Cardot, V., Le Roux, Y., & Jurjanz, S. (2008). Drinking behavior of lactating dairy cows and prediction of their water intake. *Journal of dairy science*, 91(6), 2257-2264.
- Carjot, A.-C. (2013). Étude 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 de doctorat vétérinaire, Université Claude-Bernard - Lyon I]. VetAgro Sup.
- Carvalho, P. D., Souza, A. H., Amundson, M. C., Hackbart, K. S., Fuenzalida, M. J., Herlihy, M. M., ... & Wiltbank, M. C. (2014). Relationships between fertility and postpartum changes in body condition and body weight in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3666–3683. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7809>
- Chaudhary, S. K., Dutta, N., Jadhav, S. E., & Pattanaik, A. K. (2021). Influence of customized supplement on voluntary feed intake and nutrient metabolism in crossbred calves. *Indian Journal of Animal Research*, 55(2), 174-179.
- Chedded, M. A. (2015). Analyse de l'impact des investissements agricoles réalisés dans le cadre du Plan National de Développement Agricole (PNDA) sur l'évolution des

- techniques de productions laitières, céréalières et oléicoles en Algérie : Étude de cas dans la wilaya de Tizi Ouzou (Doctoral dissertation, Université d'Avignon). France. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01241684/document>
- Chehat, F., & Bir, A. (2008). Le développement durable de systèmes d'élevage durables en Algérie : Contraintes et perspectives. In Colloque international Développement durable des productions animales : enjeux, évaluation et perspectives, Alger-Algérie, 20-21 avril 2008.
- Chemma, N. (2017). La dépendance laitière : Où en est l'Algérie ? *Revue d'études en management et finance d'organisation*, 2(1).
- Cherfaoui, M. L., Mekersi, S., & Amroun, M. (2003). Le programme national de réhabilitation de la production laitière : Objectifs visés, contenu, dispositif de mise en œuvre et impacts obtenus.
- Chilliard, Y., & Ferlay, A. (2004). Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reproduction Nutrition Development*, 44(5), 467-492. <https://doi.org/10.1051/rnd:2004056>
- Chilliard, Y., Ferlay, A., & Doreau, M. (2001). Contrôle de la qualité nutritionnelle des matières grasses du lait par l'alimentation des vaches laitières : Acides gras trans, polyinsaturés, acide linoléique conjugué. *INRAE Productions Animales*, 14(5), 323–335. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2001.14.5.3758>
- Chilliard, Y., Glasser, F., Enjalbert, F., Ferlay, A., & Schmidely, P. (2008). Données récentes sur les effets de l'alimentation sur la composition en acides gras du lait de vache. *Sciences des Aliments*, 28, 156-167.
- Chourghal, N., Lhomme, J. P., Huard, F., & Aidaoui, A. (2016). Climate change in Algeria and its impact on durum wheat. *Regional Environmental Change*, 16(6), 1623-1634. <https://doi.org/10.1007/s10113-016-0960-x>
- Collas, L. (2008). La ration sèche chez la vache laitière : étude de son impact sur la production laitière et la reproduction [Thèse de doctorat, École Nationale Vétérinaire de Lyon]. VetAgro Sup. https://www2.vetagro-sup.fr/bib/fondoc/th_sout/dl.php?file=2008lyon081.pdf
- Consentini, C. E., Souza, A. H., Sartori, R., Carvalho, P. D., Shaver, R., & Wiltbank, M. C. (2023). Relationships among total mixed ration nutritional components and reproductive performance in high-producing dairy herds. *JDS Communications*, 4(2), 138–143. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0215>
- Costa, A., Bovenhuis, H., & Penasa, M. (2020). Changes in milk lactose content as indicators for longevity and udder health in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 103(12), 11574-11584. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18764>

- Coulon, J. B., & Remond, B. (1991). Variations in milk output and milk protein content in response to the level of energy supply in the dairy cow. *Livestock Production Science*, 29, 31-47. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(91\)90073-V](https://doi.org/10.1016/0301-6226(91)90073-V)
- Coulon, J. B., Pérochon, L., & Lescourret, F. (1995). Évolution de la production laitière et du poids vif des vaches laitières au cours de leur carrière. *Annales de Zootechnie*, 44(2), 189-199. <https://doi.org/10.1051/animres:19950207>
- Croguennec, T., Jeantet, R., & Brulé, G. (2008). *Fondements physicochimiques de la technologie laitière*. Paris : Lavoisier.
- Cuvelier, C., & Dufrasne, I. (2005). L'alimentation de la vache laitière : Aliments, calculs de ration, indicateurs d'évaluation des déséquilibres de la ration et pathologies d'origine. *Livret Agric*, 22, 1-100.
- Cuvelier, C., Cabaraux, J. F., Dufrasne, I., Istasse, L., & Hornick, J. L. (2005). Production, digestion et absorption des acides gras chez le ruminant. In *Annales de Médecine Vétérinaire*, 149(1). *Annales Médecine Vétérinaire*, Liege, Belgium.
- Cziszter, L. T., Acatincăi, S., Neciu, F. C., Neamțu, R. I., Ilie, D. E., Costin, L. I., ... & Tripon, I. (2012). The influence of season on the cow milk quantity, quality and hygiene. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 45(2), 305-305.
- D'Hour, P., & Coulon, J. B. (1994). Variations de la production et de la composition du lait au pâturage en fonction des conditions climatiques. *Annales de Zootechnie*, 43(1), 105-109.
- Daoudi, A., & Bouzid, A. (2020). La sécurité alimentaire de l'Algérie à l'épreuve de la pandémie de la COVID-19. *Les Cahiers du CREAD*, 36(3), 185-207.
- Daoudi, A., Terranti, S., Hammouda, R. F., & Bédrani, S. (2013). Adaptation à la sécheresse en steppe algérienne : le cas des stratégies productives des agropasteurs de Hadj Mechri. *Cahiers Agricoles*, 22, 303-310.
- Dassou, S. S., Wade, I., & Agbangba, C. E. (2017). Typologie et rentabilité des systèmes de production laitière à Linguère au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(5), 2163-2176.
- Debouz, A., & Guerguer, L. (2014). Etude comparative de la qualité de vache et du lait. *Revue ElWahat pour les Recherches et les Etudes*, 7(2), 2014.
- Debrabander, L., Deboever, J., & Buysse, X. (1990). The quality and utilization of maize silage for dairy cattle. In *Conference British Maize Growers Association*, Maidenhead, U.K., 8 March 1990.
- Decoopman, N., Guinard-Flament, J., & Resmond, R. (2022). Lactose sanguin et lactose du lait : caractérisation de leurs facteurs de variation chez la vache laitière. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*, 175(1), 387-394.

- Deguillaume, L. (2010). *L'inflammation génitale post-partum de la vache* [Thèse de doctorat, AgroParisTech].
- Deitos, A. C., Maggioni, D., & Romero, E. A. (2010). Produção de qualidade de leite de vacas de diferentes grupos genéticos. *Campo Digital*, 5, 26-33.
- Delaby, L., Faverdin, P., Michel, G., Disenhaus, C., & Peyraud, J. L. (2009). Effect of different feeding strategies on lactation performance of Holstein and Normande dairy cows. *Animal*, 3(6), 891–905.
- Delafose, A., Poupée, B., Julien, C., & Guatteo, R. (2018). Vaccination et supplémentation alimentaire en levures pour la maîtrise des salmonelles en élevage bovin laitier. *Bulletin GTV*, 90, 63–70.
- Delagarde, R., Delaby, L., & Faverdin, P. (2006). Le calcul de ration pour vaches laitières au pâturage. *Rencontres Recherches Ruminants*, 13, 89-92.
- Demarquilly, C., Chenost, M., & Giger, S. (1995). Pertes fécales et digestibilité des aliments et des rations. In *Nutrition des ruminants* (pp. 501-648). INRA Editions, Versailles, France.
- Demarquilly, C., Faverdin, P., Geay, Y., Vérité, R., & Vermorel, M. (1996). Bases rationnelles de l'alimentation des ruminants. *INRA Productions Animales*, 7(1), 1–80.
- Demigné, C., Yacoub, C., Morand, C., & Remesy, C. (1988). Les orientations du métabolisme intermédiaire chez les ruminants. *Reproduction Nutrition Développement*, 28(1), 1-17.
- DeVries, T. J., Beauchemin, K. A., & Von Keyserlingk, M. A. G. (2007). Dietary forage concentration affects the feed sorting behavior of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(12), 5572–5579. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0435>
- Djaalab, I. (2018). *Nutrition des ruminants. Polycopié pédagogique. Module d'alimentation Deuxième Année Docteur Vétérinaire* (p. 67).
- Djebablia, A., & Aouane, N. (2020). Etude rétrospective des performances de reproduction chez la vache au niveau de la wilaya de Souk-Ahras (Doctoral dissertation, École Nationale Supérieure Vétérinaire - Alger).
- Djermoun, A. (2011). Effet de l'adhésion de l'Algérie à l'OMC et à la zone de libre-échange Union Européenne / pays tiers méditerranéens. Thèse de Doctorat en Développement Rural, Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach, Alger.
- Djermoun, A. E. K., & Chehat, F. (2010). Les circuits empruntés par le lait local dans le Chélif en Algérie : importance du circuit informel. *Livestock Research for Rural Development*, 22(11). Retrieved from <http://www.lrrd.org/lrrd22/11/djer22199.htm>

- Djermoun, A., & Benziouche, S. (2017). Les contraintes exogènes et endogènes de la production laitière en Algérie : illustration à partir des exploitations laitières du Cheliff. *Revue des Bios Ressources*, 7(2), 16-16.
- Djermoun, A., & Chehat, F. (2012). Le développement de la filière lait en Algérie : de l'autosuffisance à la dépendance. *Livestock Research for Rural Development*, 24(1). Retrieved from <http://www.lrrd.org/lrrd24/1/abde24022.htm>
- Djermoun, A., Chehat, F., & Bencharif, A. (2017). Stratégies des éleveurs laitiers du Cheliff (Algérie). *Revue NewMedit*, 3, 19-27.
- Djermoun, A., Ramdane, S., & Brahim, M. (2017). Les exploitations laitières du cheliff en algérie à l'ère de la libéralisation économique. *agrobiologia*, 7(2), 658-668.
- Djermoun, A., Zoubeidi, M., & Ounes, M. (2018). Place de l'alimentation dans l'élevage bovin laitier de la région de Chélif (Algérie).
- Domecq, J. I., Skidmore, A. L., Lloyd, J. W., & Kaneene, J. B. (1997). Relationship between body condition scores and milk yield in a large dairy herd of high yielding Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 80, 101-112. Retrieved from [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(97\)75917-4/abstractref](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(97)75917-4/abstractref)
- Doreau, M., & Chilliard, Y. (1992). Influence d'une supplémentation de la ration en lipides sur la qualité du lait chez la vache. *INRA Productions Animales*, 5(2), 103-111.
- Doreau, M., Lee, M. R. F., Ueda, K., & Scollan, N. D. (2005). Ruminant metabolism and absorption of fatty acids from forages. *Renc. Rech. Rum.*, 12, 101-104.
- Drame, E. D., Hanzen, C., Houtain, J. Y., Laurent, Y., & Fall, A. (1999). Profil de l'état corporel au cours du post-partum chez la vache laitière. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 143, 265-270.
- Dufasne, I., Istasse, L., Lambert, R., Robaye, V., & Hornick, J. L. (2010). Etude de facteurs environnementaux influençant la teneur en urée dans le lait de vaches en Wallonie (Belgique). In *Atelier "Nitrate-Eau"*. Presses Agronomiques, Gembloux, Belgium.
- Dulphy, J. P., Faverdin, P., & Jarrige, R. (1989). Feed intake: the fill unit systems. In *Ruminant Nutrition: Recommended Allowances and Feed Tables* (Jarrige, R., ed.), INRA, Paris and John Libbey Eurotext, Paris-Londres-Rome, 61-72.
- Dulphy, J. P., Faverdin, P., Micol, D., & Bocquier, F. (1987). Révision du système des unités d'encombrement (UE). *Bulletin Technique du CRZV Theix, Inra*, 70, 35-48.
- Dumont, B., Cournut, S., Mosnier, C., Mugnier, S., Fleurance, G., Bigot, G., Forteau, L., Veyssset, P., & Rapey, H. (2021). Comprendre les atouts de la diversification des systèmes d'élevage herbivores du nord du Massif central. *INRAE Productions Animales*, 33(3), 173–188.

- Duplessis, M., Cue, R. I., Santschi, D. E., Lefebvre, D. M., & Lacroix, R. (2015). Weight, height, and relative-reliability indicators as a management tool for reducing age at first breeding and calving of dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 98(3), 2063–2073. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8710>
- Dusart, C. (2014). La digestion ruminale: mise en place d'un modèle d'étude in vitro à long terme en cultures Batch [Thèse de doctorat, Université de Limoges].
- Elhadj, T., Samira, B., Messaouda, H., & Nassira, B. (2015). Étude de la qualité physico-chimique et microbiologique de laits crus de vache dans deux fermes de la wilaya de Tissemsilt (Algérie). *Revue ElWahat pour les Recherches et les Etudes*, 8(2), 26-33.
- Enjalbert, F. (2003). Alimentation de la vache laitière. Les contraintes nutritionnelles autour du vêlage. *Point Vétérinaire*, 34(236), 26–32.
- Enjalbert, F., Combes, S., Zened, A., & Meynadier, A. (2017). Rumen microbiota and dietary fat: A mutual shaping. *Journal of Applied Microbiology*, 123, 782-797.
- Ennuyer, M. (2008). Interprétation des données contrôle laitier : Taux protéique, taux butyreux et reproduction. In *Recueil des Journées Nationales des GTV 2008* (pp. 521-532).
- Erickson, P. S., & Kalscheur, K. F. (2020). Nutrition and feeding of dairy cattle. In *Animal Agriculture* (pp. 157-180). Academic Press.
- Experton, C., Bellet, V., Gac, A., Laignel, G., & Benoit, M. (2017). Miser sur l'autonomie alimentaire et les complémentarités entre régions pour assurer la rentabilité de l'élevage ovin allaitant biologique et conforter les filières. *Fourrages*, 231, 223-234.
- FAO. (2015). Food and agriculture organization: Statistics.
- FAO. (2020). Agri-food markets and trade in the time of COVID-19. Rome. (FAOSTAT, 2018).
- Faux, A. M., Decruyenaere, V., Guillaume, M., & Stilmant, D. (2022). Feed autonomy in organic cattle farming systems: A necessary but not sufficient lever to be activated for economic efficiency. *Organic Agriculture*, 1-18.
- Faverdin, P. (1992). Alimentation des vaches laitières : Comparaison des différentes méthodes de prédiction des quantités ingérées. *INRA Productions Animales*, 5(4), 271-282.
- Faverdin, P., Delaby, L., & Delagarde, R. (2007). L'ingestion d'aliments par les vaches laitières et sa prévision au cours de la lactation. *INRA Productions Animales*, 20, 151-162.
- Feliachi, K. (2003). Rapport national sur les ressources génétiques animales. Commission nationale ANGR, 24.

- Felton, C. A., & DeVries, T. J. (2010). Effect of water addition to a total mixed ration on feed temperature, feed intake, sorting behavior, and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93(6), 2651–2660.
- Ferlay, A., Martin, B., Pradel, P., Capitan, P., Coulon, J. B., & Chilliard, Y. (2002). Effect of the nature of forages on cow milk fatty acids having a positive role on human health. In *Grassland Science in Europe* (Vol. 9, pp. 556-557).
- Ferrah, A. (2000). L'élevage bovin laitier en Algérie : Problématique, questions et hypothèses pour la recherche. In 3ème Journées de recherche sur les productions animales, Tizi Ouzou (pp. 13-15).
- Ferré, D. (2003). Méthodologie du diagnostic à l'échelle du troupeau, application en élevage bovin laitier (Doctoral thesis, Université Paul-Sabatier, Toulouse, 164 p).
- Ferré, D., & Aubadie-Ladrix, M. (2004). La cétose et la stéatose de la vache laitière : Importance économique, physiopathologie, conséquences pathologiques. In *Journées Nationales GTV* (pp. 443-454).
- Fischer, A., Chevalier, G., Gaillard, C., Gaudillière, N., Gillier, M., & Jurquet, J. (2022, December). Prouver le concept d'un pilotage de précision de l'alimentation des vaches laitières. In 3R2022: 26èmes Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants.
- Flamant, J. C. (1991). Problems associated with the transfer of genetic material from temperate to warm Mediterranean regions: Consequences on the equilibration of the animal production systems. In *Proceedings of the International Symposium on Animal Husbandry in Warm Climates* (pp. 48-54). Viterbo, Italy.
- Francisco, C. C., Spicer, L. J., & Payton, M. E. (2003). Predicting cholesterol, progesterone, and days to ovulation using postpartum metabolic and endocrine measures. *Journal of dairy science*, 86(9), 2852-2863.
- Futiribles. (2020). Crise du Covid-19 : scénarios à l'horizon fin 2021. Document de travail.
- Gabriella, A., Varga, I., & Virginia, A. (2005). Managing nutrition for optimal milk components. Pennsylvania State University.
- Gaillard, C., Granger, S., Meudre, A. M., & Demarest, F. (2004). Autonomie alimentaire : Contribution à la durabilité d'exploitations laitières du Jura. In 11èmes Rencontres de la Recherche sur les Ruminants.
- Galvão, K. N., Flaminio, M. J. B. F., Brittin, S. B., Sper, R., Fraga, M., Caixeta, L.... & Gilbert, R. O. (2010). Association between uterine disease and indicators of neutrophil and systemic energy status in lactating Holstein cows. *Journal of dairy science*, 93(7), 2926-2937.
- Gayrard, V., Picard-Hagen, N., Viguié, C., Laroute, V., Andréoletti, O., & Toutain, P. L. (2005). A possible pharmacological explanation for quinacrine failure to treat

- prion diseases: Pharmacokinetic investigations in a ovine model of scrapie. *British Journal of Pharmacology*, 144(3), 386-393.
- Ghozlane, F., Bousbia, A., Benyoucef, M. T., & Yakhlef, H. (2009). Impact technico-économique du rapport concentré/fourrage sur la production laitière bovine : Cas des exploitations de Constantine. *Livestock Research for Rural Development*, 21(06), 2009. <https://www.lrrd.org/lrrd21/6/ghoz21094.htm>
- Ghozlane, F., Belkheir, B., & Yakhlef, H. (2010). Impact du fonds national de régulation et de développement agricole sur la durabilité du bovin laitier dans la wilaya de Tizi-Ouzou (Algérie). *NEW MEDIT*, 3, 22-27.
- Ghozlane, M. K., Atia, A., Miles, D., & Khellef, D. (2010). Insémination artificielle en Algérie : Étude de quelques facteurs d'influence chez la vache laitière. *Livestock Research for Rural Development*, 22(2), 2010. <https://www.lrrd.org/lrrd22/2/ghoz22028.htm>
- hozlane, M. K. (2018). Stratégie alimentaire au péripartum dans les élevages bovins laitiers en Algérie : Impact sur les performances zootechniques [Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger].
- Ghozlane, M. K., Boukhechem, S., & Bouamra, M. (2021). Feed autonomy of a few dairy cattle farms in the Mitidja Plain (Algeria).
- Gidenne, T., Lebas, F., Savietto, D., Dorchie, P., Duperray, J., Davoust, C., & Fortun-Lamothe, L. (2015). Nutrition et alimentation. In *Le lapin: De la biologie à l'élevage* (pp. 152-196). Quae Éditions.
- Giger-Reverdin, S., & Sauvant, D. (2001). Meta analysis of the acidogenicity of ingredients. *Rencontres Autour des Recherches sur les Ruminants*, 8, 349–352.
- Gobikrushanth, M., De Vries, A., Santos, J. E., Risco, C. A., & Galvão, K. N. (2014). Effect of delayed breeding during the summer on profitability of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(7), 4236-4246. doi:10.3168/jds.2013-7664
- Golher, D. M., Patel, B. H. M., Bhoite, S. H., Syed, M. I., Panchbhai, G. J., & Thirumurugan, P. (2021). Factors influencing water intake in dairy cows: a review. *International Journal of Biometeorology*, 65, 617-625.
- Grainger, C., & Goddard, M. E. (2007, September). A review of the effects of dairy breed on feed conversion efficiency. In *3rd Dairy Science Symposium: Meeting the Challenges of Pasture-Based Dairying*. University of Melbourne, Victoria, Australia (pp. 84-92). CSIRO, Victoria, Australia.
- Grenet, E., & Besle, J. M. (1991). Microbes and fibre degradation. In *Rumen Microbial Metabolism and Ruminant Digestion* (pp. 107-129). INRA Editions.
- Hadbaoui, I., Senoussi, H., & Huguenin, J. (2020). Les modalités d'alimentation des troupeaux ovins en steppe algérienne, région de M'Sila : Pratiques et tendances.

- Hagen N et Gayrard V 2005 Mémento des critères numériques de reproduction des mammifères domestiques. 8 p.
- Hall, M. B. (2004). Using feed efficiency as a ration evaluation and nutrient management tool. *Advances in Dairy Technology*, 16, 29–36.
- Hamadache, A. (2001). Les ressources fourragères actuelles en Algérie. Situation et possibilité d'amélioration. In *Acte de l'atelier national sur la stratégie de développement des cultures fourragères en Algérie* (pp. 79). ITGC.
- Hamadou, S., & Bouyer, J. (2005). Production laitière en zone périurbaine. Calcul de la rentabilité des fermes.
- Hamidi, M., Hachi, M., Bencherif, K., Lahrech, A., Choukri, A., & Yabrir, B. (2020). Physico-chimie et composition biochimique de laits crus de vaches, brebis, chèvres et dromadaires locaux des steppes en Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, 32, Article #137. Retrieved December 11, 2023, from <http://www.lrrd.org/lrrd32/8/med.ha32137.html>
- Hanzen, C. (2005). L'infertilité bovine : Approche individuelle ou de troupeau. *Le Point Vétérinaire/Reproduction des Ruminants : Maîtrise des cycles et pathologie*, 84-88.
- Hanzen, C. (2008). Physiologie de la glande mammaire et du trayon de la vache laitière. *Faculté de Médecine vétérinaire, service d'obstétrique et de pathologie de la reproduction des ruminants, équidés et porcs, Université de Liège*.
- Hanzen, C. (2009). Approche épidémiologique de la reproduction bovine. *La Gestion de la Reproduction*.
- Haou, A., Miroud, K., & Gherissi, D. E. (2021). Impact des caractéristiques du troupeau et des pratiques d'élevage sur les performances de reproduction des vaches laitières dans le Nord-Est algérien. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 74(4), 183-191.
- Haselmann, A., Zehetgruber, K., Fuerst-Waltl, B., Zollitsch, W., Knaus, W., & Zebeli, Q. (2019). Feeding forages with reduced particle size in a total mixed ration improves feed intake, total-tract digestibility, and performance of organic dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102(10), 8839–8849.
- Hayirli, A., Keisler, D. H., Doepel, L., & Petit, H. (2011). Peripartum responses of dairy cows to prepartal feeding level and dietary fatty acid source. *Journal of Dairy Science*, 94, 917-930.
- Heuer, C., Schukken, Y. H., & Dobbelaar, P. (1999). Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yield, and culling in commercial dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 82(2), 295-304.

- Hoden, A., & Coulon, J. B. (1991). Maîtrise de la composition du lait : Influence des facteurs nutritionnels sur la quantité et les taux de matières grasses et protéiques (1). *INRA Productions Animales*, 4(5), 361-367.
- Houmani, M. (1999). Situation alimentaire du bétail en Algérie. *INRA*, 4, 35-45.
- Hulsen, J. (2010). *Signes de vaches : Connaître, observer et interpréter*. Roodbont Éditions.
- INRA. (2018). *Alimentation des ruminants*. Éditions Quæ.
- Ishaq, S. L., Alzahal, O., Walker, N., & McBride, B. (2017). An investigation into rumen fungal and protozoal diversity in three rumen fractions, during high-fiber or grain-induced sub-acute ruminal acidosis conditions, with or without active dry yeast supplementation. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1943.
- Ishler, V., & Mun, M. U. N. (2008). Interpretation of milk urea nitrogen values.
- Jarrige, R. (1988). *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. Paris: INRA Editions.
- Johnson, A. K. (1987). *Bioclimatology and the Adaptation of Livestock*. Elsevier.
- Joubert, R. (2014). Good feed, good milk. *The Dairy Mail*, 21(2), 5.
- Jouany, J. P., & Senaud, J. (1979). Description d'une technique permettant d'effectuer des prélèvements répétés de gaz dans le rumen. *Annales de Biologie Animale, Biochimie, Biophysique*, 19, 1007-1010.
- Jouany, J. P., Broudiscou, L., Prins, R. A., & Komisarczuk-Bony, S. (1995). Métabolisme et nutrition de la population microbienne du rumen. In *Nutrition des ruminants domestiques* (pp. 350-381). INRA Editions.
- Junior, L. C. A., Hauser, A., Alessio, D. R. M., Knob, D. A., França, M., de Oliveira Gomes, I. P., & Neto, A. T. (2019). Variation in the content of defatted dry extract in cooling tanks milk samples of dairy farms. *Semina: Ciências Agrárias*, 40(1), 203-216.
- Kaabeche, T., & Mebrak, A. R. (2010). Contribution à l'étude des risques naturels (sismiques et mouvements de terrain) dans la Wilaya de Sétif. *Mémoires de l'Université Ferhat Abbas de Sétif*, 46-56.
- Kacimi-El Hassani, S. (2013). La Dépendance Alimentaire en Algérie : Importation de Lait en Poudre versus Production Locale, Quelle Evolution ? *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 4(11), 152-158.
- Kadi, S. A. (2007). *Alimentation de la vache laitière : Etude dans quelques élevages d'Algérie* (Doctoral dissertation, Université Saad Dahlab de Blida).
- Kadi, S. A., & Djellal, F. (2009). Autonomie alimentaire des exploitations laitières dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, 21,

- Article #227. Retrieved June 26, 2024, from <http://www.lrrd.org/lrrd21/12/kadi21227.htm>
- 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, Article #51. Retrieved from <http://www.lrrd.org/lrrd19/4/kadi19051.htm>
- Kalač, P., & Samková, E. (2010). The effects of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: A review. *Czech Journal of Animal Science*, 55(12), 521-537.
- Kali, S., Benidir, M., Kaci, K. A., Belkheir, B., & Benyoucef, M. T. (2011). Situation of the dairy sector in Algeria: Analytical approach from the upstream to the downstream. *Livestock Research for Rural Development*, 23(8). <https://lrrd.cipav.org.co/lrrd23/8/Kali23179.htm>
- Kalli, S., Saadaoui, M., Ait Amokhtar, S., Belkheir, B., Benidir, M., Bitam, A., & Benmebarek, A. M. (2018). Eléments d'enquête générale sur la filière lait en Algérie. *International Journal of Innovation, Finance and Strategic Management*, 1, 12-19.
- Kaouche-Adjlane, S. (2015). La filière laitière en Algérie. Etat des lieux et focus sur quelques contraintes de développement. *CIHEAM Watch Letter*, 35, 1-6.
- Kaouche-Adjlane, S., & Mati, A. (2017). Effets des pratiques d'élevage sur la variation de la qualité hygiénique et nutritionnelle du lait cru dans la région médio-septentrionale d'Algérie. *Revue Médicale Vétérinaire*, 168(7-9), 151-163.
- Kaouche-Adjlane, S., Habi, F., Benhacine, R., & El Hadi, A. A. (2016). Etude de quelques paramètres zootechniques de reproduction et de lactation chez des troupeaux de bovins laitiers de la région Est d'Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, 28, 4. <https://www.lrrd.org/lrrd28/4/kaou28057.html>
- 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, Institut National Agronomique, Alger.
- Khefache, H., & Bedrani, S. (2012). Les importations subventionnées de génisses à haut potentiel laitier : Un échec dû à l'absence d'une politique laitière globale. *Les Cahiers du Cread*, 28(101), 123-146.
- Khelil, A. (2012). Impact du rapport fourrage-concentré sur le niveau de production laitière des exploitations bovines de la plaine du Haut Cheliff. Magister en Sciences Agronomiques, Université de Chlef. Retrieved from http://bu.univ-chlef.dz/doc_num.php?explnum_id=296

- Khorrami, B., Khiaosa-Ard, R., & Zebeli, Q. (2021). Models to predict the risk of subacute ruminal acidosis in dairy cows based on dietary and cow factors: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 104(7), 7761–7780. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19661>
- Klemesrud, M. J., Klopfenstein, T. J., & Lewis, A. J. (1997). Addition of ruminal escape methionine and lysine to meat and bone meal. *Journal of Animal Science*, 75, 3301-3306.
- Klingborg, D. J. (1987). Normal reproductive parameters in large Californian style dairies. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 3, 483-499.
- Kononoff, P. J., Heinrichs, A. J., & Lehman, H. A. (2003). The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86(10), 3343-3353.
- Kristensen, T., Jensen, C., Østergaard, S., Weisbjerg, M. R., Aaes, O., & Nielsen, N. I. (2015). Feeding, production, and efficiency of Holstein-Friesian, Jersey, and mixed-breed lactating dairy cows in commercial Danish herds. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 263-274.
- Labarre, J. F. (1994). Nutrition et variation du taux de matières grasses du lait de vache. *Rec. Méd. Vét.*, 170, 381-389.
- Labioui, H., Elmoualdi, L., Benzakour, A., El Yachoui, M., Berny, E., & Ouhssine, M. (2009). Etude physicochimique et microbiologique de laits crus. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 148, 7-16.
- Lange, C. D. (2013). New NRC (2012) nutrient requirements of swine.
- Lapierre, H., Berthiaume, R., & Dubreuil, P. (2002). Equilibrer les rations pour les acides aminés : rêve ou réalité. 26e Symposium sur les bovins laitiers (CRAAQ-Université de Sherbrooke), 11-29.
- Laribi, S., Boutonnet, J. P., Brabez, F., Adem, R., & Kheffache, H. (2023). Les formes d'intégration agriculture-élevage. Le cas des systèmes de polyculture-élevage bovin laitier de la plaine de la Mitidja–Algérie. *les cahiers du cread*, 39(1), 307-348.
- Lazereg, M., Bellil, K., Djediane, M., & Zaidi, Z. (2020). La filière lait Algérienne face aux conséquences de la pandémie de la COVID-19. *Les cahiers du cread*, 36(3), 227-250.
- Le Cozler, Y. (2014). Nouvelles approches et considérations autour de la conduite d'élevage des génisses laitières (Doctoral dissertation, Université de Rennes 1).
- Lebacq, T., Baret, P. V., & Stilmant, D. (2015). Role of input self-sufficiency in the economic and environmental sustainability of specialised dairy farms. *Animal*, 9, 544-552.

- 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.
- Legarto, J., Beaumont, B., Clave, H., Brethaous, J. P., Pages, J., Brunschwig, P., & Valdeavero, H. (2004). Utilisation d'aliments MASH en production laitière bovine. Institut d'élevage, Compte rendu d'essai N°0431013, 62 p.
- Legarto, J., Gelé, M., Ferlay, A., Hurtaud, C., Lagriffoul, G., Palhiere, I., ... & Brunschwig, P. (2014). Effets des conduites d'élevage sur la production de lait, les taux butyreux et protéique et la composition en acides gras du lait de vache. *INRAE Productions Animales*, 27(4), 269-282.
- Leiber, F., Probst, J. K., Zehner, N., & Neff, A. S. (2015). Comportement alimentaire et rumination des vaches laitières selon les régimes fourragers. *Recherche Agronomique Suisse*, 6(4), 462–469.
- Lemosquet, S., Haque, M. N., Faverdin, P., Peyraud, J.-L., & Delaby, L. (2014). A bas comme à hauts niveaux d'apports PDI, corriger le profil en acides aminés digestibles dans l'intestin permet d'augmenter les matières protéiques du lait et l'efficacité d'utilisation des PDI chez la vache laitière. *Rencontres Recherches Ruminants*, 21, 139-142.
- Leonardi, C., Giannico, F., & Armentano, L. E. (2005). Effect of water addition on selective consumption (sorting) of dry diets by dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 88(3), 1043–1049.
- Lettat, A., Martin, C., Berger, C., & Nozière, P. (2012). Analyse quantitative de l'effet des bactéries probiotiques sur les fermentations dans le rumen et les performances des bovins en production. *INRAE Productions Animales*, 25(4), 351–360.
- Li, D. Y., Lee, S. S., Choi, N. J., Lee, S. Y., Sung, H. G., Ko, J. Y., ... & Ha, J. K. (2003). Effects of feeding system on rumen fermentation parameters and nutrient digestibility in Holstein steers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 16(10), 1482–1486. <https://doi.org/10.5713/ajas.2003.1482>
- Linn, J. (2006). Feed efficiency: Its economic impact in lactating dairy cows. *WCDS Advances in Dairy Technology*, 18, 19–28.
- Madani, T., Hubert, B., Vissac, B., & Casabianca, F. (2002). Analyse de l'activité d'élevage bovin et transformation des systèmes de production en situation sylvopastorale algérienne. *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 55(3), 197-209.
- Madani, T., & Mouffok, C. (2008). Production laitière et performances de reproduction des vaches Montbéliardes en région semi-aride algérienne. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 61(2), 97-107.

- MADR (2019). Base de données – Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Informations, Algérie. Retrieved from www.minagri.dz
- MADR (2020). Ministère de l'agriculture et du développement rural. Retrieved from www.agroligne.com
- Makar, H. P. S. (2004). Recent advances in the in vitro gas method for evaluation of nutritional quality of feed resources. *FAO Animal Production and Health Paper*, 55–88.
- Makhlouf, M., Montaigne, E., & Tessa, A. (2015). La politique laitière algérienne : entre sécurité alimentaire et soutien différentiel de la consommation. *New Medit*, 14(1), 12-23.
- Makhlouf, M., & Montaigne, E. (2017). Impact de la nouvelle politique laitière algérienne sur la viabilité des exploitations laitières. *New Médit*, 16(1), 2-10.
- Mamine, F., Duteurtre, G., & Madani, T. (2021). Régulation du secteur laitier en Algérie : un compromis entre sécurité alimentaire et développement d'une production locale. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 74(2), 73-81.
- Mandonnet, N., Tillard, E. E., Faye, B. B., Collin, A., Gourdine, J. L., Naves, M., ... & Renaudeau, D. (2011). Adaptation des animaux d'élevage aux multiples contraintes des régions chaudes. *INRA Productions Animales*, 24(1), 41–64.
- Mansour, L. M., & Abbas, K. (2015). Typology of feeding strategies for dairy cattle in the semi-arid region of Sétif.
- Mansour, L. M. (2018). Etude de l'influence des pratiques d'élevage sur la qualité du lait : effet de l'alimentation (Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas - Sétif 1). DSpace. <http://dspace.univ-setif.dz:8888/jspui/handle/123456789/1358>
- Marden, J. P., Bayourthe, C., Enjalbert, F., & Moncoulon, R. (2005). A new device for measuring kinetics of ruminal pH and redox potential in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 88, 277-281.
- Marshall, E., Bonneville, J. R., & Francfort, I. (1994). Fonctionnement et diagnostic global de l'exploitation agricole. ENESAD-SED, Dijon, France.
- Martel, G., Dieulot, R., Durant, D., Guilbert, C., Mischler, P., & Veysset, P. (2017). Mieux coupler cultures et élevage dans les exploitations d'herbivores conventionnelles et biologiques : une voie d'amélioration de leur durabilité. *Fourrages*, 231(235), 235-245.
- Martin, C., Fonty, G., & Michalet-Doreau, B. (2002). Factors affecting the fibrolytic activity of the digestive microbial ecosystems in ruminants. In *Gastrointestinal microbiology in animals* (SA M., ed.), pp. 1-17. India: Research Signpost.

- Martin, S. (2002). Influence de la fibrosité de la ration dans la prévention de l'acidose chez la vache laitière (Thèse de doctorat vétérinaire). École Nationale Vétérinaire de Toulouse, France.
- Matallah, S., Bouchelaghem, S., & 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, Article #16. Retrieved December 11, 2023, from <http://www.lrrd.org/lrrd27/1/mata27016.html>
- Mathieu, J. (1998). Initiation à la physico-chimie du lait. Ed. Lavoisier, Paris. 220 p.
- Maulfair, D. D., Fustini, M., & Heinrichs, A. J. (2011). Effect of varying total mixed ration particle size on rumen digesta and fecal particle size and digestibility in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94(7), 3527-3536.
- Mefti, K. H. (2016). Comparaison des performances de reproduction des vaches Fleckvieh et Montbéliarde dans les conditions d'élevage Algérienne.
- Mehdi, B., Bouchetara, M., Marguerite, W., Wotto, & Sidi, E. Y. I. H. (2021). Les effets de la modernisation du secteur agricole sur la croissance économique : l'analyse comparative des stratégies nationales de l'Algérie, du Maroc et de la Tunisie. *Dirassat Journal Economic Issue*, 12(1), 735-752.
- Merdaci, L., & Chemmam, M. (2016). Evolution comparée des performances de vaches laitières Prim'Holsteins et Montbéliardes au Nord-Est algérien. *Livestock Research for Rural Development*, 28, Article 23. <https://www.lrrd.org/lrrd28/2/merd28023.html>
- Merdaci, L., Zeghdoudi, M., Madi, S., & Chemmam, M. (2018). Relation entre régime alimentaire, note d'état corporel et production de lait chez les vaches Holstein et Montbéliard dans l'est de l'Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, 30(9), 11. Retrieved from www.lrrd.org/lrrd30/9/2018
- Meribai, A., Ouarkoub, M., & Bensoltane, A. (2016). Algerian dairy sector analysis: deficit aspects and perspectives. La problématique de la production et d'importation du lait en Algérie : état des lieux, aspects déficitaires et perspectives.
- Meschy, F., & Corrias, R. (2005). Recommandations d'apport alimentaire en calcium et magnésium absorbables pour les ruminants. *Rencontres Recherches Ruminants*, 12, 221-224.
- Meschy, F. (2007). Alimentation minérale et vitaminique des ruminants : actualisation des connaissances. *Inra Productions animales*, 20, 119-128.
- Meschy, F. (2010). Les éléments minéraux dans l'écosystème ruminal. In: *Nutrition minérale des ruminants* (Meschy, F., ed.), Editions Qu?, Versailles, France, 19-36.
- Meschy, F. (2017). *Nutrition minérale des ruminants*. Editions Qu?, Versailles, France. 208 p (epub).

- Michel, L., & Soulard, C. T. (2021). Introduction: La fabrique des politiques alimentaires locales en France: réponse aux crises ou usage de la crise? *Pôle Sud*, (2), 7–18.
- Middleton, E. L., Minela, T., & Pursley, J. R. (2019). The high-fertility cycle: How timely pregnancies in one lactation may lead to less body condition loss, fewer health issues, greater fertility, and reduced early pregnancy losses in the next lactation. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 5577–5587. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15386>
- Miglior, F., Sewalem, A., Jamrozik, J., Lefebvre, D. M., & Moore, R. K. (2006). Analysis of milk urea nitrogen and lactose, and their effect on longevity in Canadian dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 89(12), 4886-4894.
- Mihi, A. (2012). La forêt de Zenadia (Haute Plaine Sétifienne) Diagnostic et perspective de protection. Mém. Mag. Uni. Ferhat Abbas. Sétif. P32.
- Miller-Cushon, E. K., & DeVries, T. J. (2009). Effect of dietary dry matter concentration on the sorting behavior of lactating dairy cows fed a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*, 92(7), 3292–3298.
- Mimoune, N., Ghozlane, M. K., Moula, N., & Kaidi, R. (2019). Status, characterization and typology of dairy cattle farms in Northern Algeria. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca*, 76(2).
- Miroud, K., Hadeif, A., Khelef, D., Ismail, S., & Kaidi, R. (2014). Bilan de reproduction de la vache laitière dans le nord-est de l'Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, 26(6). <https://www.lrrd.org/lrrd26/6/miro26107.htm>
- Missaoui, K. (2014). Aménagement et valorisation des boisements urbains et péri-urbains de la ville de Sétif (Doctoral dissertation, Université de Sétif 1-Ferhat Abbas).
- Mohammad, M., Gorgulu, M., & Goncu, S. (2017). The effects of total mixed ration and separate feeding on lactational performance of dairy cows. *Asian Research Journal of Agriculture*, 5(2), 1–7.
- Mouffok, C. E. (2007). Diversité des systèmes d'élevage bovin laitier et performances animales en région semi-aride de Sétif. Magister présentation à l'Institut National Agronomique, el harrach.
- Mouffok, C. E. (2014). Performance de l'élevage bovin dans la région semi-aride.
- Mouhouche, B. (2010). Maîtrise de la pratique de l'aridoculture comme palliatif au manque d'eau en Algérie.
- Mouhous, A., Alary, V., & Huguenin, J. (2014). Stratégies d'adaptation des éleveurs bovins laitiers en zone montagneuse d'Algérie. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 67(4), 193-200.

- Moujahed, N., Daboussi, I., Bel Haj Ammar, S., & Darej, S. (2009). Effet de la stratégie de distribution de l'aliment concentré sur les performances des vaches laitières. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, 16.
- Nedjimi, B. (2010). Etude de la résistance d'*Atriplex halimus* subsp. *Schweinfurthii* aux sels solubles. *Acta Bot. Gallica*, 157(4), 787-791.
- Nedjraoui, D. (2003). Notes de réflexions sur la politique de lutte contre la désertification en Algérie : Profil fourrager. Rapport O.S.S., 34 p.
- Nejad, J. G., Lohakare, J. D., Son, J. K., Kwon, E. G., West, J. W., & Sung, K. I. (2014). Wool cortisol is a better indicator of stress than blood cortisol in ewes exposed to heat stress and water restriction. *Animal*, 8(1), 128–132.
- Nozière, P., & Michalet-Doreau, B. (2000). In Sacco Methods. In: *Farm Animal Metabolism and Nutrition* (D'Mello, J. P. F., eds), CAB International, Oxon, UK, 233-253.
- Nozière, P., Graulet, B., Lucas, A., Martin, B., Grolier, P., & Doreau, M. (2006). Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. *Animal Feed Science and Technology*, 131, 418-450.
- NRC (National Research Council), Committee on Animal Nutrition, & Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (7th rev. ed.). National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9825>
- NRC. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle: 2001*. National Research Council, Committee on Animal Nutrition, & Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition. National Academies Press.
- Omari, C.H., Moiseron, J.Y., & Alpha, A. (2012). L'agriculture algérienne face aux défis alimentaires, trajectoires, historique et perspectives. *Revue Tiers Monde*, 2012/2(210), 123-141.
- ONIL (2019). Résumé de la stratégie ONIL pour le développement de la filière lait en Algérie. Retrieved from <https://onil.dz/resume-de-la-strategie-onil-pour-le-developpement-de-la-filiere-lait-en-algerie/>
- Otte, J., Costales, A., Dijkman, J., Pica-Ciamarra, U., Robinson, T., Ahuja, V., ... & Roland-Holst, D. (2012). Livestock sector development for poverty reduction: An economic and policy perspective. *Livestock's many virtues* (p. 161). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Otto, K.L., Ferguson, J.D., & Fox, D.G. (1991). Relationship between condition score and composition of ninth to eleventh rib tissue in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 74, 852-859.
- Otz, P. (2006). Le suivi d'élevage en troupeau bovin laitier : approche pratique (Doctoral dissertation). ENV de Lyon, 112 p.

- Paccard, P., Capitain, M., & Farrugia, A. (2003). Autonomie alimentaire des élevages bovins laitiers. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, 10, 89-92.
- Parmar, P., Lopez-Villalobos, N., Tobin, J.T., Murphy, E., McDonagh, A., Crowley, S.V., & Shalloo, L. (2020). The effect of compositional changes due to seasonal variation on milk density and the determination of season-based density conversion factors for use in the dairy industry. *Foods*, 9(8), 1004.
- Perfield II, J. W., Lock, A. L., Griinari, J. M., Sæbø, A., Delmonte, P., Dwyer, D. A., & Bauman, D. E. (2007). Trans-9, cis-11 conjugated linoleic acid reduces milk fat synthesis in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 90(5), 2211-2218.
- Peyraud, J. L. (2000). La dynamique de dégradation de l'énergie est un élément déterminant de la fibrosité des régimes. *Rencontres autour des recherches sur les ruminants*, 183–186.
- Peyraud, J. L., & Apper-Bossard, E. (2006). L'acidose latente chez la vache laitière. *INRAE Productions Animales*, 19(2), 79–92.
- Phocas, F., Agabriel, J., Dupont-Nivet, M., Geurden, I., Médale, F., Grasteau, S., ... & Dourmad, J. Y. (2014). Le phénotypage de l'efficacité alimentaire et de ses composantes, une nécessité pour accroître l'efficacité des productions animales. *INRA Productions Animales*, 27(3), 235–248.
- Pinedo, P., Risco, C., & Melendez, P.A. (2011). Retrospective study on the association between different lengths of the dry period and subclinical mastitis, milk yield, reproductive performance, and culling in Chilean dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94(1), 106-115. [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(10\)00679-X/abstract](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(10)00679-X/abstract)
- Poncet, J. (2002). Étude des facteurs de risque de l'infertilité dans les élevages bovins laitiers de l'île de la Réunion : influence de l'alimentation sur la reproduction (Thèse de doctorat vétérinaire, École Nationale Vétérinaire de Lyon).
- Ponsart, C., Leger, T., Dubois, P., Charbonnier, G., Freret, S., & Humblot, P. (2006). Identification de profils de note d'état caractérisant des primipares et des multipares de race Prim'Holstein et relations avec le délai de mise à la reproduction. *Rencontres Recherches Ruminants*, 13.
- Raggio, G. (2006). Effet des apports protéique et énergétique sur le métabolisme protéique chez la vache laitière [thèse de doctorat, Université Laval].
- Rajala-Schultz, P.J., Saville, W.J., Frazer, G.S., & Wittum, T.E. (2001). Association between milk urea and fertility in Ohio dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 84, 482-489.
- Rejeb Gharbi, F., Lahsoui, R., Gouhis, R., & Rached, Z. (2007). Rentabilité économique de l'élevage laitier en Tunisie : cas des gouvernorats de l'Ariana et de Mahdia. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 11, 211-223.

- Rekhis, J., Saaïdane, F., Laamouri, M., Ben Hamida, K., Mabrouk, W.D., & Slimane, N. (2007). Participatory rural appraisal in smallholder dairy systems in Tunisia. *Tropical Animal Health and Production*, 39, 619-626. <https://doi.org/10.1007/s11250-007-9067-4>
- Remane Benmalem, Y., Bellal, M. M., & Nouani, A. (2016). Influence de quelques paramètres de production sur la qualité physico-chimique et technologique du lait de vache dans les zones de plaines du Haut Cheliff en Algérie. *Revue Nature & Technologie. B-Sciences Agronomiques et Biologiques*, 15, 9-13.
- Rémésy, C. (2005). *Que mangerons-nous demain?* Odile Jacob.
- Remond, B., Kerouanton, J., & Brocard, V. (1997). Effets de la réduction de la durée de la période sèche ou de son omission sur les performances des vaches laitières. *INRAE Productions Animales*, 10(4), 301-315. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.1997.10.4.4004>
- Rodney, R. M., Celi, P., Scott, W., Breinhild, K., & Lean, I. J. (2015). Effects of dietary fat on fertility of dairy cattle: A meta-analysis and meta-regression. *Journal of Dairy Science*, 98(8), 5601–5620. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9611>
- Rouabhi, A., Hafsi, M., & Kebiche, M. (2014). Assessment of the farming transformation in a rural region of Sétif province in Algeria. *New Medit: Mediterranean Journal of Economics, Agriculture and Environment= Revue Méditerranéenne d'Economie Agriculture et Environment*, 13(2), 38.
- Rouillé, B., Devun, J., & Brunschwig, P. (2014). L'autonomie alimentaire des élevages bovins français. *OCL*, 21(4), D404.
- Rulquin, H., Vérité, R., & Guinard-Flament, J. (2001). Acides aminés digestibles dans l'intestin. Le système AADI et les recommandations d'apport pour la vache laitière. *INRA Productions Animales*, 14, 265-274.
- Russel, R. W., & Gahr, S. A. (2000). Glucose availability and associated metabolism in Farm animal metabolism and nutrition.
- Sadoud, M. (2017). Analyse des contraintes pesant sur la compétitivité de la filière viande bovine en Algérie. *Viandes & Produits Carnés*, 1.
- Sahali, N. (2023). Regard sur l'application de la politique laitière en Algérie durant la décennie 2010–2020: quels enseignements? *Revue Finance & Marchés*, 10(2), 88–103.
- Saidi, R., Khelef, D., & Kaidi, R. (2013). Apport de la note d'état corporel au suivi postpartum de la reproduction de vaches laitières dans le centre algérien.
- Santos, J. E. P., Lean, I. J., Golder, H., & Block, E. (2019). Meta-analysis of the effects of prepartum dietary cation-anion difference on performance and health of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102(3), 2134–2154. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14914>

- Sauvant, D., Dulphy, J., & Michalet-Doreau, B. (1990). Le concept d'indice de fibrosité des aliments des ruminants. *INRAE Productions Animales*, 3(5), 309-318. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.1990.3.5.4389>
- Sauvant, D., & Bas, P. (2001). La digestion des lipides chez le ruminant. *INRAE Productions Animales*, 14(5), 303-310. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2001.14.5.3754>
- Sauvant, D., Perez, J. M., & Tran, G. (2002). Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovines, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. INRA Editions, Versailles.
- Sauvant, D., & Schmidely, P. (2008). La maîtrise de la composition et de la qualité du lait à la ferme. *Bulletin de l'Académie nationale de médecine*, 192(4), 693-702.
- Sauvant, D., Giger-Reverdin, S., Archimède, H., & Baumont, R. (2008). Modélisation des relations entre l'activité masticatoire des ruminants, les caractéristiques du régime et sa digestion. *Rencontres Recherches Ruminants*, 15, 331-334.
- Sauvant, D., & Peyraud, J. L. (2010). Calculs de ration et évaluation du risque d'acidose. *INRA Productions Animales*, 23(4), 333–342.
- Sauvant, D., & Peyraud, J.L. (2010). Calculs de ration et évaluation du risque d'acidose. *INRA Productions Animales*, 23, 333-342.
- 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 Productions Animales*, 26, 327-346.
- Sauvant, D., & Nozière, P. (2016). Quantification of the main digestive processes in ruminants: The equations involved in the renewed energy and protein feed evaluation systems. *Animal*, 10, 755-770.
- Sboui, A., Arroum, S., Hayek, N., Mekrazi, H., & Khorchani, T. (2016). Effet du traitement thermique sur la composition physicochimique du lait de chèvre. *Organization of the Industry, Marketing Strategies, Feeding and Production Systems*. Zaragoza: CIHEAM, 115, 481-485.
- Schingoethe, D. J. (2017). A 100-Year Review: Total mixed ration feeding of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10143–10150. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12967>
- Schmidt, P., Restelatto, R., & Zopollatto, M. (2017, July). Ensiling total mixed rations—An innovative procedure. In *Proceedings of the V International Symposium on Forage Quality and Conservation*, Piracicaba, Brazil (pp. 16–17).
- Schreiner, D. A., & Ruegg, P. L. (2002). Effects of tail docking on milk quality and cow cleanliness. *Journal of Dairy Science*, 85(10), 2503-2511.

- Schwab, C. G. (1995). Rumen-protected amino acids: Their role in nutrition of high producing ruminants. In M. Ivan (Ed.), *Animal Science Research and Development: Moving Toward a New Century* (pp. 161-175). Minister of Supply and Services Canada, Ottawa, Canada.
- Scollan, N. D., Ueda, K., Doreau, M., & Lee, M. R. (2014). Ruminal metabolism and absorption of fatty acids from forages.
- Scott, R., Robinson, R. K., & Wilbey, R. A. (1998). *Cheesemaking practice*. Springer Science & Business Media.
- Semara, L., Madani, T., Mouffok, C., & Belkasmi, F. (2018). Réaction des éleveurs bovins des régions semi-arides algériennes face aux contraintes économiques et climatiques. *Cahiers Agricultures*, 27(6), 65001.
- Semara, L. (2021). Diagnostique des systèmes de production dans les exploitations de bovin de la région semi-aride algérienne et évaluation de la réponse des animaux aux pratiques de conduite (Thèse de doctorat). Université Ferhat Abbas - Sétif 1, Algérie. dspace.univ-setif.dz
- Senoussi, A. (2008). Caractérisation de l'élevage bovin laitier dans le Sahara : Situation et perspectives de développement. In Colloque International « Développement durable des productions animales : enjeux, évaluation et perspectives » (pp. 135-139). Alger, 20-21 Avril 2008. Série Séminaire, (6).
- Senoussi, A., Haïli, L., & Maïz, H. A. B. (2010). Situation de l'élevage bovin laitier dans la région de Guerrara (Sahara Septentrional Algérien). *Livestock Research for Rural Development*, 22, Article 220. Retrieved December 15, 2021, from <http://www.lrrd.org/lrrd22/12/seno22220.htm>
- Serieys, F. (2007). Lactation and drying-off: New data in cattle. *Point Veterinaire*, 38, 33-38+6.
- Singh, N., Awasthi, A., Patel, P., & Kumar, G. (2022). Total mixed ration feeding of dairy cows. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 15, 25–27.
- Souames, S., Hanzen, C., Khelef, D., & Kaidi, R. (2016). Situation de l'insémination artificielle bovine en Algérie : cas de la région centre du nord algérien.
- Soukehal, A. (2013). Communications sur la filière laitière. Colloque relatif à La sécurité alimentaire : quels programmes pour réduire la dépendance en céréales et lait ? Alger, 8 avril 2013.
- Soumeiya, K., Mouna, B., & Sabah, G. (2012). Evaluation des contraintes zootechniques de développement de l'élevage bovin laitier en Algérie : Cas de la wilaya de Médéa. *Nature & Technology*, (6), 85.
- Sraïri, M. T., & Ilham, A. (2000). L'élevage laitier en zone irriguée et sa sensibilité à l'aléa climatique : cas du Maroc. *Publication-European Association for Animal Production*, 94, 321-328.

- Sraïri, M. T. (2021). Repenser le modèle de développement agricole du Maroc pour l'ère post Covid-19. *Cahiers Agricultures*, 30, 17.
- Sraïri, M. T., & El Khattabi, M. (2001). Evaluation économique et technique de la production laitière intensive en zone semi-aride au Maroc. *Cahiers Agricultures*, 10(1), 51-55.
- Sraïri, M. T., Ben Salem, M., Bourbouze, A., Elloumi, M., Faye, B., Madani, T., & Yakhlef, H. (2007). Analyse comparée de la dynamique de la production laitière dans les pays du Maghreb.
- Sraïri, M. T., Benyoucef, M. T., & Kraiem, K. (2013). The dairy chains in North Africa (Algeria, Morocco and Tunisia): From self-sufficiency options to food dependency? *SpringerPlus*, 2, 162. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-162>
- Tafaj, M., Zebeli, Q., Baes, C., Steingass, H., & Drochner, W. (2007). A meta-analysis examining effects of particle size of total mixed rations on intake, rumen digestion and milk production in high-yielding dairy cows in early lactation. *Animal Feed Science and Technology*, 138(2), 137–161. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.11.016>
- Tamminga, S., & Doreau, M. (1991). Lipids and rumen digestion. In J.-P. Jouany (Ed.), *Rumen microbial metabolism and ruminant digestion* (pp. 151-163). Institut National de la Recherche Agronomique.
- Tedjari, N., Abbas, K., & Madani, T. (2014). Diagnostic des systèmes fourragers dans la région semi-aride de Sétif.
- Temmar, N. (2005). Le marché de lait en Algérie. Fiche de synthèse ambassade de France en Algérie. Mission économique MINEFI-DETPE, 5 p.
- Thomassen, M. A., & de Boer, I. J. (2005). Evaluation of indicators to assess the environmental impact of dairy production systems. *Agriculture, ecosystems & environment*, 111(1-4), 185-199.
- Tibaoui, M., & Zouaghi, M. (1991). Productivité d'un parcours forestier d'une région subhumide de la Tunisie. In 4ème Congrès International des Terres de Parcours (CITP) (Vol. 1, pp. 232-235). Montpellier, 22-26 Avril.
- Tillie, M., & Fostier, B. (2022). Méthode d'appréciation d'ambiance dans les bâtiments d'élevage bovin. In *Agricultural Engineering Volume 2: Agricultural Buildings* (pp. 1501–1504). CRC Press.
- Tirichine, A., Adelfettah, B. I. D., Hafouda, L., & Bentriya, S. (2020). Effet des amendements organiques sur la culture du maïs (*Zea mays* L.) en milieu oasien : Cas de la région de Touggourt, Algérie. *Algerian Journal of Arid Environment (AJAE)*, 10(1), 13-13.

- Toni, F., Vincenti, L., Grigoletto, L., Ricci, A., & Schukken, Y. H. (2011). Early lactation ratio of fat and protein percentage in milk is associated with health, milk production, and survival. *Journal of Dairy Science*, 94(4), 1772-1783.
- Trommenschlager, J., & Thenard, V. (2002). Effets de trois modalités de distribution des concentrés chez la vache laitière: Comparaison entre rations complètes et semi-complètes.
- Tyasi, T. L., Gxasheka, M., & Tlabela, C. P. (2015). Assessing the effect of nutrition on milk composition of dairy cows: A review. *International Journal of Current Science*, 17, 56-63.
- Vallet, A., & Paccard, P. (1984). Définition et mesures des paramètres de l'infécondité et de l'infertilité. *BTIA*, 32, 2-3.
- Van Duinkerken, G., Blok, M. C., Bannink, A., Cone, J. W., Dijkstra, J., Van Vuuren, A. M., & Tamminga, S. (2011). Update of the Dutch protein evaluation system for ruminants: the DVE/OEB2010 system. *The Journal of Agricultural Science*, 149(3), 351-367.
- Van Straalen, W. M., & Tamminga, S. (1990). Protein degradation in ruminant diets. *Tropical Animal Production*, 42, 8.
- Velasco, J. M., Reid, E. D., Fried, K. K., Gressley, T. F., Wallace, R. L., & Dahl, G. E. (2008). Short-day photoperiod increases milk yield in cows with a reduced dry period length. *Journal of Dairy Science*, 91(9), 3467-3473.
- Vercouteren, M. M. A. A., Bittar, J. H. J., Pinedo, P. J., Risco, C. A., Santos, J. E. P., Vieira Neto, A., & Galvao, K. N. (2015). Factors associated with early cyclicity in postpartum dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 229-239. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8460>
- Vermorel, M., & Coulon, J. B. (1992). Alimentation des vaches laitières : comparaison des systèmes d'alimentation énergétique. *Journal de Recherche Agronomique*, 15, 53-66.
- Veyssset, P., Benoit, M., Belveze, J., Patout, O., Reuillon, J. L., Morin, E., & Vallas, M. (2013). Autonomie alimentaire en élevages bovins et ovins biologiques du Massif Central : résultats, pratiques et perceptions par les éleveurs. *Rencontres Recherches Ruminants*, 20, 295.
- Vlček, M., Candrák, J., & Kasarda, R. (2016). Fat-to-protein ratio: Evaluation of metabolic disorders and milk yield. *Acta Agriculturae Slovenica*, 107(s 76), 79.
- Volden, H. (Ed.). (2011). *NorFor-The Nordic feed evaluation system*. Wageningen Academic Publishers.
- Weinberg, Z. G., Chen, Y., Miron, D., Raviv, Y., Nahim, E., Bloch, A., ... & Miron, J. (2011). Preservation of total mixed rations for dairy cows in bales wrapped with

- polyethylene stretch film—A commercial scale experiment. *Animal Feed Science and Technology*, 164(1–2), 125–129. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.01.002>
- Wilcke, B., Cuomo, G., & Fox, C. (1999). Preserving the value of dry stored hay. *Forage & Grazinglands*, 4, 22-26.
- Wolter, R. (1997). *Alimentation de la vache laitière*. France Agricole Editions.
- Wood, P. D. P. (1985). Importance of the calving interval to milk yield in the following lactation of British Friesian cows. *Journal of Dairy Research*, 52, 1-8.
- Xu, W., Van Knegsel, A., Saccenti, E., Van Hoeij, R., Kemp, B., & Vervoort, J. (2020). Metabolomics of milk reflects a negative energy balance in cows. *Journal of Proteome Research*, 19(8), 2942-2949.
- Yakhlef, H. (1989). La production extensive de lait en Algérie. *Option Méditerranéenne*, 4, 45-53.
- Yakhlef, H., & Ali Benamara, B. (2001). La typologie d'exploitation : Un outil de diagnostic de l'élevage adaptable aux conditions du massif du Dahra (Chlef, Algérie). In *Annales de l'Institut national agronomique El Harrach* (Vol. 22, No. 1-2, pp. 169-181).
- Yakhlef, H., Madani, T., & Abbache, N. (2002). Biodiversité importante pour l'agriculture : Cas des races bovines, ovines, caprines et camelines. *MATE-GEF/PNUD : Projet ALG/G13*. 43 p.
- Yakhlef, H., Madani, T., Ghodzaine, F., & Bir, A. (2010). Défi à relever. Rôle du matériel animal et de l'environnement dans l'orientation des systèmes d'élevages bovins en Algérie. *Journal of Agricultural Science*, 5, 113-124.
- Yang, W. Z., & Beauchemin, K. A. (2005). Effects of physically effective fiber on digestion and milk production by dairy cows fed diets based on corn silage. *Journal of Dairy Science*, 88(3), 1090-1098.
- Yang, W. Z., & Beauchemin, K. A. (2007). Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: Digestion and milk production. *Journal of Dairy Science*, 90(7), 3410-3421.
- Yerou, H., Homrani, A., Benhanassali, A., & Boussedra, D. (2019). Typological assessment of dairy farm systems in the semi-arid Mediterranean region of western Algeria. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 35(4), 335-346.
- Zaaijer, D., & Noordhuizen, J. P. T. M. (2003). A novel scoring system for monitoring the relationship between nutritional efficiency and fertility in dairy cows. *Irish Veterinary Journal*, 56, 145-151.
- Zalani, K., Duteurtre, G., & Benyoucef, M. T. (2021). Saisonnalité de la production laitière bovine et implications pour le renforcement de la collecte industrielle dans

- la wilaya de Skikda (Algérie). *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 74(2), 83-92.
- Zeghida, A. (1987). Importance des espèces annuelles de médicago dans l'amélioration des pâturages. In *Séminaire International sur la Stratégie Générale* (pp. 112-124).
- Zened, A. (2011). Particularités du microbiote et son activité lors de la déviation de la biohydrogénation ruminale de l'acide linoléique de la voie trans-11 à la voie trans-10 (Doctoral dissertation). Université de Paris.
- Zened, A., Forano, E., Delbes, C., Verdier-Metz, I., Morgavi, D., Popova, M., ... & Marie-Etancelin, C. (2021). Les microbiotes des ruminants : état des lieux de la recherche et impacts des microbiotes sur les performances et la santé des animaux. *Journal of Animal Science Research*, 27(2), 93-106.
- Zerroug, K. H. (2012). Élaboration d'un système d'information géographique (flore) dans la Wilaya de Sétif. *Mémoire de Magister*, Université Ferhat Abbas, Sétif, 18-25.
- Zhu, W., Fu, Y., Wang, B., Wang, C., Ye, J. A., Wu, Y. M., & Liu, J. X. (2013). Effects of dietary forage sources on rumen microbial protein synthesis and milk performance in early lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 96(3), 1727-1734.
- Zineddine, E., Bendahmane, M., & Khaled, M. B. (2010). Performances de reproduction des vaches laitières recourant à l'insémination artificielle au niveau de l'Institut Technique des Élevages Lamtar dans l'Ouest algérien. *Livestock Research for Rural Development*, 22, Article #201. Retrieved December 6, 2023, from <http://www.lrrd.org/lrrd22/11/bend22201.htm>
- Zoghلامي, M., Yerou, H., Yerou, W., & Homrani, A. (2022). Impact du stress thermique sur les critères de qualité du lait cru de vaches Holsteins en zone semi-aride de l'Ouest algérien. *Livestock Research for Rural Development*, 34. <https://www.lrrd.org/lrrd34/2/3411mourd.html>
- Zoubeidi, M., & Gharabi, D. (2013). Impact du PNDA sur la performance économique des filières stratégiques en Algérie : Cas de la filière lait dans la wilaya de Tiaret. *Revue Écologie-Environnement*, 9, 12-23.

ANNEXES

- **production végétale**

Culture	Type de culture	Superficie (ha)	Période de récolte	Rendemen t (qx/ha)	En sec	irriguée
Céréales	Blé dur					
	Blé tendre					
	Orge					
	Avoine					
	Vesce avoine					
	Autre					
Fourrage	Luzerne					
	Trèfle					
	Avoine					
	Autre					
Maraichers	En sec					
	En irriguée					
Autre						

-Y a-t-il des variations interannuelles des superficies consacrées aux fourrages :

Oui Non

-Pourquoi ?.....

-Les fourrages produits sont destinée à :

L'alimentation et la conservation la commercialisation

-L'estimation des quantités a conservées est basée sur :

Le cheptel l'année le prix sur le marché

-Mode de conservation : Fanage Ensilage

-Type de d'ensilage : de foin de maïs de l'herbe Autre

-Mode de conservation des grains : Entier Aplatie Concasser Autre

-Que vous fait pour s'adapter au changement climatique ?.....

C. Bâtiment d'élevage

Type de stabulation		Dimension	Etat				Aire de couchage			
Libre	Entravée		Excellent	Bon	Moyen	Médiocre	Sol	Sol paillé	Bétons paillé	Bétons

D. Ressource en eau : Oued Puits Forage Autre Nombre :

E. Calendrier fourrager

Espèce	Date de semi	Récolte	Durée d'emploi

Occupation des animaux

	Bovin	Ovin	Caprin	Autre
Effectif				

Effectif et composition du cheptel bovin

	Vaches laitière	Génisses	Taurillon	Taureaux	Veaux	Velles
Acheté						
Exploité						

Composition raciale du troupeau exploité.....

-Critères du
choix :

-Age de réforme des vaches laitières :

-Quelles sont les causes de réforme des vache durant les 5 dernières années ?

II. Alimentation et consommation d'eau

-Avez-vous un plan d'alimentation établi et recommandé par un conseiller en alimentation qualifié ? Oui Non

- Servez-vous des RTM (rations totales mélangées) ? Oui Non

. À quel moment nourrissez-vous vos vaches ?

Toujours avant ou après les traites

Toujours en milieu de matinée ou d'après-midi

Je ne nourris pas mes vaches selon un horaire régulier

	saison	Composition de la ration	quantité	Fréquence de distribution
Vaches laitières	Hiver			
	Printemps			
	Eté			
	Automne			
Vaches tarées	Hiver			
	Printemps			
	Eté			
	Automne			
Génisses	Hiver			
	Printemps			
	Eté			
	Automne			
Taureau	Hiver			
	Printemps			
	Eté			

	saison	Composition de la ration	quantité	Fréquence de distribution
	Automne			
Veaux et vèles	Hiver			
	Printemps			
	Eté			
	Automne			

-Nature de concentré : Farine

Granulé

-Composition de concentré :

-Préparé dans la ferme, préparé à l'extérieure, spéciale VL

Provient des unités privé provient des unités spécialisé

- Les concentrés utilisés subissent des changements périodique : oui non

Lesquelles ?

Période de pâturage

Saison	Pâturage			
	Prairie	Jachère	Chaume	Période
Hiver				
Printemps				
Eté				
Automne				

-Répartition des vaches par ha (densité)

C. Complémentation

L'alimentation des vaches laitière est la même pour toutes les vaches ? Oui Non

	Gestation	Lactation	Autre
Type de complémentation			
Quantité			
Fréquence de distribution			

- L'addition des éléments nutritionnels pour augmenter la digestibilité du fourrage :

Urée Sels minéraux Autre

-Utilisez-vous : Pierre à lécher Sel CMV Aucun

- Y a-t-il achat de fourrage : Oui Non

Type d'aliment	Automne		Hiver		printemps		Eté		Total de l'année	
	Quantités (Bottes)	Prix (da)	Quantités (Bottes)	Prix (da)	Quantités (Bottes)	Prix (da)	Quantités (Bottes)	Prix (da)	Quantités (Bottes)	Prix (da)
Foin										
Paille										
En vert										
Autre										

- Y a-t-il achat de concentré ? Oui Non

Type d'aliment	Automne		Hiver		printemps		Eté		Total de l'année	
	Quantités (Bottes)	Prix (da)	Quantités (Bottes)	Prix (da)	Quantités (Bottes)	Prix (da)	Quantités (Bottes)	Prix (da)	Quantités (Bottes)	Prix (da)

- Abreuvement à volonté : Oui Non , Individuel Collectif

- L'alimentation des vaches en eau ce fait : à l'étable à l'air libre

- Quantité consommé par chaque vache

- Fréquence d'abreuvement

	Avant la traite	Après la traite	Avant concentré le	Après concentré le
Matin				
Midi				

Soir				
------	--	--	--	--

-Transition alimentaire : Progressive Brutale

-Stockage d'aliment :

-Dispose-vous des moyens de stockage des fourrages : oui / non Si oui

-Capacité de stockage en bottes.....

-Quelle sont les difficultés de stockage des aliments ?

L'espace, l'humidité, les mycotoxines, les rongeurs

-Quel est la durée de stockage ?

Fourrage :

Concentré :

-L'aliment est toujours disponible ? Oui Non

Si non, durant quel période l'alimentation n'est pas disponible ?

-Type d'aliment :..... Période :.....

-Contraintes et problèmes

-Qualité de pâturage : Mauvais/ Moyen / Bon

-Prix d'aliment : Acceptable / Elevé

-Subvention de l'état pour l'approvisionnement en Aliment : inexistant / peu / acceptable

-Autres problèmes :

III. Production laitière

-Quantité de lait produit /vache

	Moyenne	Minimum	Maximum
Printemps			
Eté			

Automne			
Hiver			

-Durée de lactation et tarissement

	Lactation (Jrs)	Tarissement (Jrs)
Race locale		
Race croisée		
Montbéliarde		
Holstein		
Autre		

-Provoque vous le tarissement oui non

-Quantités totales de lait produit, vendu et autoconsommé

	Production			Vente au centre de transformation (usine)			
	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Prix
Printemps							
Eté							
Automne							
Hiver							

IV. Principaux problèmes de santé dans le troupeau

- Quels sont les trois principaux problèmes de santé rencontrés dans votre troupeau?.....

-Utilisez- vous des traitements anti parasitaires ?.....

-Bénéficier vous des campagnes de vaccination oui non par fois

V. La conduite de la reproduction :

-Critère de mise à la reproduction des femelles

Poids croissance l'âge l'apparition des chaleurs

-Fait vous recours a l'indiction et la synchronisation des chaleurs oui non

Quelle méthode.....

-Saison de vèlage ?.....

-Pratique vous l'insémination artificielle la monte naturelle

-Quand insémine vous par rapport à l'apparition des chaleurs :.....

-Qui est l'inséminateur.....

-Effectue vous des contrôles de gestation

Par quelle méthode.....

-Problème lies à la conduite de la reproduction :

Répétitions d'inséminations avortement dystocie Autre

-Les naissances sur l'année

-Les mortalités sur l'année

- Salle de traite :	Oui		Non	
-Type de traite :	Manuelle		Mécanique	
-Nombre et intervalle de traite :			- Horaire de la traite :	-
Nettoyage de la mamelle avant la traite :	absence		collective	individuel -
Nettoyage de la mamelle après la traite :	absence		collective	individuel

-Mode de nettoyage : * eau javellisée * eau chaude * eau froide * savon * autre

-Elimination des premiers jets : Oui Non

Economie de l'exploitation

-L'information zootechnique

Autre éleveurs le vétérinaire les services agricoles

-Les frais mensuels des traitements vétérinaire.....Da/ mois

-Avez-vous Bénéficie vous d'aide d'état oui non

Quel type d'aide

-Estime-vous que l'aide de l'état Suffisantes insuffisante :

-Que pensez-vous à l'avenir de l'élevage bovin laitier dans cette région

Annexe 2 :

Etablissement : COOPSEL, Sétif

Ration totale avec concentré (Formule 1)

Vache laitière primipare, poids vif de 650 kg qui produit 35 kg lait.

Ration à distribuer	kg/jr
Ensilage de maïs	18
luzerne	5
Paille	3
Concentré (Formule 1)	10
Totale as Fed	36

Besoins	
UFL	22.00
PDI	2262.08
Ca abs	69.42
P abs	56.62

Val. calculées	
UFL	19.22
PDI	1858.49
Ca abs	49.74
P abs	46.12

DM,%	100.00
UFL, kg DM	0.88
UFV, kg DM	0.83
PDIA, g/kg DM	36.51
PDI, g/kg DM	85.06
RBP, g/kg DM	89.75
Lys DI, % of PDI	6.81
MetDI, % of PDI	1.90
HisDI, % of PDI	2.16
FLref, % of BW	1.76
UEM,kg DM	0.99
UEL,kg DM	0.69
UEB,kg DM	0.74
DERm, VL	1.27
DERm, Eng	1.13

OM,% DM	92.19
OMd, % OM	69.59
CP, % DM	15.07
CPd, % CP	69.04
CF, % DM	20.54
CFd, % CF	46.85
NDF, % DM	42.55
NDFd, % NDF	56.36
ADF,% DM	22.90
ADFd,% ADF	42.61
ADL,% DM	0.67
Starch,% DM	11.43
GE,Kcal/Kg DM	4365.34
Ed,%	66.78
ME,Kcal/Kg DM	2423.49
ED N,% N	68.19
ED6 N,% N	65.94
dr N,% N	73.61
ED Starch,%	66.27
ED6 Starch,%	66.31
ED DM,%	20.78
ED6 DM,%	20.78

S,g/kg DM	1.34
Na,g/kg DM	2.93
K,g/kg DM	14.55
Cl,g/kg DM	4.01
DCAD,mEq/kg DM	303.63
Cu,mg/kg DM	14.82
Zn,mg/kg DM	41.70
Mn,mg/kg DM	46.28
Co,mg/kg DM	0.25
Se,mg/kg DM	0.13
I,mg/kg DM	0.36

VitA,IU/kg DM	14322.8
VitD,IU/kg DM	529.0
VitE,IU/kg DM	13.8

FA,% DM	2.08
EE,% DM	2.70
P,% DM	3.03
Pabs,% DM	2.11
Ca,% DM	6.46
Caabs,% DM	2.28
Mg,% DM	2.00
EB,mEq/kg DM	387.66

LysDI,% of PDI	6.81
HisDI,% of PDI	2.16
ArgDI,% of PDI	4.86
ThrDI,% of PDI	4.99
ValDI,% of PDI	5.64
MetDI,% of PDI	1.90
IleDI,% of PDI	5.02
LeuDI,% of PDI	8.72
PheDI,% of PDI	5.06
AspDI,% of PDI	10.72
SerDI,% of PDI	4.79
GluDI,% of PDI	14.24
ProDI,% of PDI	5.07
GlyDI,% of PDI	6.42
AlaDI,% of PDI	6.63
TyrDI,% of PDI	4.07

Composition Ensilage de maïs, luzerne, Paille

Maïs, Son de blé, Tourteau de soja, Foin de luzerne, Luzerne bouchon, Paille Mélasse, CMV VITALAC, Bicarbonate de sodium, Carbonate de calcium, Urée, Chlorure de sodium(NaCl)

Additifs (kg)

VITAMINES (per kg) Vitamine A : 230320 UI, Vitamine D3 :4 500 UI, Vitamine E : 770 mg/kg, B1 : 96mg/Kg
OLIGO-ELEMENTS Cuivre : 576 mg/kg, Iode

(iodate de calcium anhydre) (3b202) 48 mg/kg,
Manganèse 2589mg/kg, Sélénium 9.6 mg/kg,
Zinc : 2962mg/kg, Cobalt : 32mg/kg.

Annexe 3 :

Etablissement : COOPSEL, Sétif

Ration totale avec concentré (Formule 2)

Vache laitière primipare, poids vif de 650 kg qui produit 35 kg lait.

Ration à distribuer	kg/jr
Ensilage de maïs	18
luzerne	5
Paille	3
Concentré (Formule 2)	10
Totale as fed	36

Besoins	
UFL	22.00
PDI	2262.08
Ca abs	69.42
P abs	56.62

Val. calculées	
UFL	19.23
PDI	1850.82
Ca abs	47.08
P abs	47.59

DM,%	100.00
UFL, kg DM	0.88
UFV, kg DM	0.83
PDIA, g/kg DM	36.21
PDI, g/kg DM	84.80
RBP, g/kg DM	91.54
LysDI, % of PDI	6.82
MetDI, % of PDI	1.91
HisDI, % of PDI	2.17
FLref, % of BW	1.76
UEM,kg DM	1.01
UEL,kg DM	0.72
UEB,kg DM	0.76
DERm, VL	1.23
DERm, Eng	1.10

OM,% DM	92.32
OMd, % OM	69.60
CP, % DM	15.08
CPd, % CP	69.06
CF, % DM	20.50
CFd, % CF	48.74
NDF, % DM	42.87
NDFd, % NDF	56.23
ADF,% DM	22.80
ADFd,% ADF	44.24
ADL,% DM	0.48
Starch,% DM	11.62
GE,Kcal/Kg DM	4368.53
Ed,%	66.81
ME,Kcal/Kg DM	2427.08
ED N,% N	68.48
ED6 N,% N	66.21
dr N,% N	73.69
ED Starch,%	66.67
ED6 Starch,%	66.87
ED DM,%	19.70
ED6 DM,%	19.69

S,g/kg DM	1.28
Na,g/kg DM	2.91
K,g/kg DM	14.22
Cl,g/kg DM	3.91
DCAD,mEq/kg DM	300.88
Cu,mg/kg DM	14.85
Zn,mg/kg DM	42.46
Mn,mg/kg DM	47.36
Co,mg/kg DM	0.22
Se,mg/kg DM	0.13
I,mg/kg DM	0.34

VitA,IU/kg DM	15319.4
VitD,IU/kg DM	545.2
VitE,IU/kg DM	14.4

FA,% DM	2.11
EE,% DM	2.72
P,% DM	3.13
Pabs,% DM	2.18
Ca,% DM	6.05
Caabs,% DM	2.16
Mg,% DM	2.04
EB,mEq/kg DM	380.93

LysDI,% of PDI	6.82
HisDI,% of PDI	2.17
ArgDI,% of PDI	4.87
ThrDI,% of PDI	4.99
ValDI,% of PDI	5.61
MetDI,% of PDI	1.91
IleDI,% of PDI	5.01
LeuDI,% of PDI	8.70
PheDI,% of PDI	5.05
AspDI,% of PDI	10.71
SerDI,% of PDI	4.78
GluDI,% of PDI	14.27
ProDI,% of PDI	5.11
GlyDI,% of PDI	6.41
AlaDI,% of PDI	6.63
TyrDI,% of PDI	4.07

Composition Ensilage de maïs, luzerne, Paille

Maïs, Son de blé, Tourteau de soja, Foin de luzerne, Mélasse, CMV VITALAC, Bicarbonate de sodium, Carbonate de calcium, Urée, Chlorure de sodium(NaCl)

Additifs (kg)

VITAMINES (per kg) Vitamine A : 230320 UI,
 Vitamine D3 :4 500 UI, Vitamine E : 770 mg/kg, B1
 : 96mg/Kg
 OLIGO-ELEMENTS Cuivre : 576 mg/kg, Iode
 (iodate de calcium anhydre) (3b202) 48 mg/kg,
 Manganèse 2589mg/kg, Sélénium 9.6 mg/kg, Zinc
 : 2962mg/kg, Cobalt : 32mg/kg.

Annexe 4 :

Etablissement : COOPSEL, Sétif

Ration totale avec concentré (Formule 3)

Vache laitière primipare, poids vif de 650 kg qui produit 35 kg lait.

Ration à distribuer	kg/jr
Ensilage de maïs	18
luzerne	4
Paille	3
Concentré (Formule 3)	9
Totale as fed	34

Besoins	
UFL	22.00
PDI	2179.70
Ca abs	69.33
P abs	56.51

Val. calculées	
UFL	18.03
PDI	1698.57
Ca abs	38.69
P abs	55.49

DM,%	100.00
UFL, kg DM	0.89
UFV, kg DM	0.85
PDIA, g/kg DM	35.52
PDI, g/kg DM	84.32
RBP, g/kg DM	58.97
LysDI, % of PDI	6.80
MetDI, % of PDI	1.93
HisDI, % of PDI	2.20
FLref, % of BW	1.73
UEM,kg DM	0.94
UEL,kg DM	0.65
UEB,kg DM	0.69
DERm, VL	1.37
DERm, Eng	1.23

FA,% DM	2.23
EE,% DM	2.84
P,% DM	3.85
Pabs,% DM	2.75
Ca,% DM	5.18
Caabs,% DM	1.92
Mg,% DM	2.19
EB,mEq/kg DM	360.74

OM,% DM	92.67
OMd, % OM	69.87
CP, % DM	14.11
CPd, % CP	66.36
CF, % DM	18.93
CFd, % CF	45.91
NDF, % DM	42.92
NDFd, % NDF	57.43
ADF,% DM	21.40
ADFd,% ADF	41.68
ADL,% DM	0.79
Starch,% DM	12.56
GE,Kcal/Kg DM	4391.37
Ed,%	67.28
ME,Kcal/Kg DM	2463.77
ED N,% N	68.76
ED6 N,% N	66.63
dr N,% N	73.30
ED Starch,%	70.36
ED6 Starch,%	71.50
ED DM,%	23.21
ED6 DM,%	23.26

S,g/kg DM	1.35
Na,g/kg DM	2.86
K,g/kg DM	13.38
Cl,g/kg DM	3.78
DCAD,mEq/kg DM	276.37
Cu,mg/kg DM	15.14
Zn,mg/kg DM	47.28
Mn,mg/kg DM	55.00
Co,mg/kg DM	0.22
Se,mg/kg DM	0.17
I,mg/kg DM	0.32

Composition Ensilage de maïs, luzerne, Paille

Maïs, Son de blé, Tourteau de soja, Foin de luzerne, Mélasse, CMV VITALAC, Bicarbonate de sodium, Carbonate de calcium, Urée, Chlorure de sodium(NaCl)

Additifs (kg)

VITAMINES (per kg) Vitamine A : 230320 UI, Vitamine D3 :4 500 UI, Vitamine E : 770 mg/kg, B1 : 96mg/Kg

OLIGO-ELEMENTS Cuivre : 576 mg/kg, Iode (iodate de calcium anhydre) (3b202) 48 mg/kg, Manganèse 2589mg/kg, Sélénium 9.6 mg/kg, Zinc : 2962mg/kg, Cobalt : 32mg/kg.

LysDI,% of PDI	6.80
HisDI,% of PDI	2.20
ArgDI,% of PDI	4.89
ThrDI,% of PDI	4.96
ValDI,% of PDI	5.58
MetDI,% of PDI	1.93
IleDI,% of PDI	4.97
LeuDI,% of PDI	8.66
PheDI,% of PDI	5.04
AspDI,% of PDI	10.56
SerDI,% of PDI	4.77
GluDI,% of PDI	14.56
ProDI,% of PDI	5.05
GlyDI,% of PDI	6.43
AlaDI,% of PDI	6.62
TyrDI,% of PDI	4.07

Annexe 5 :

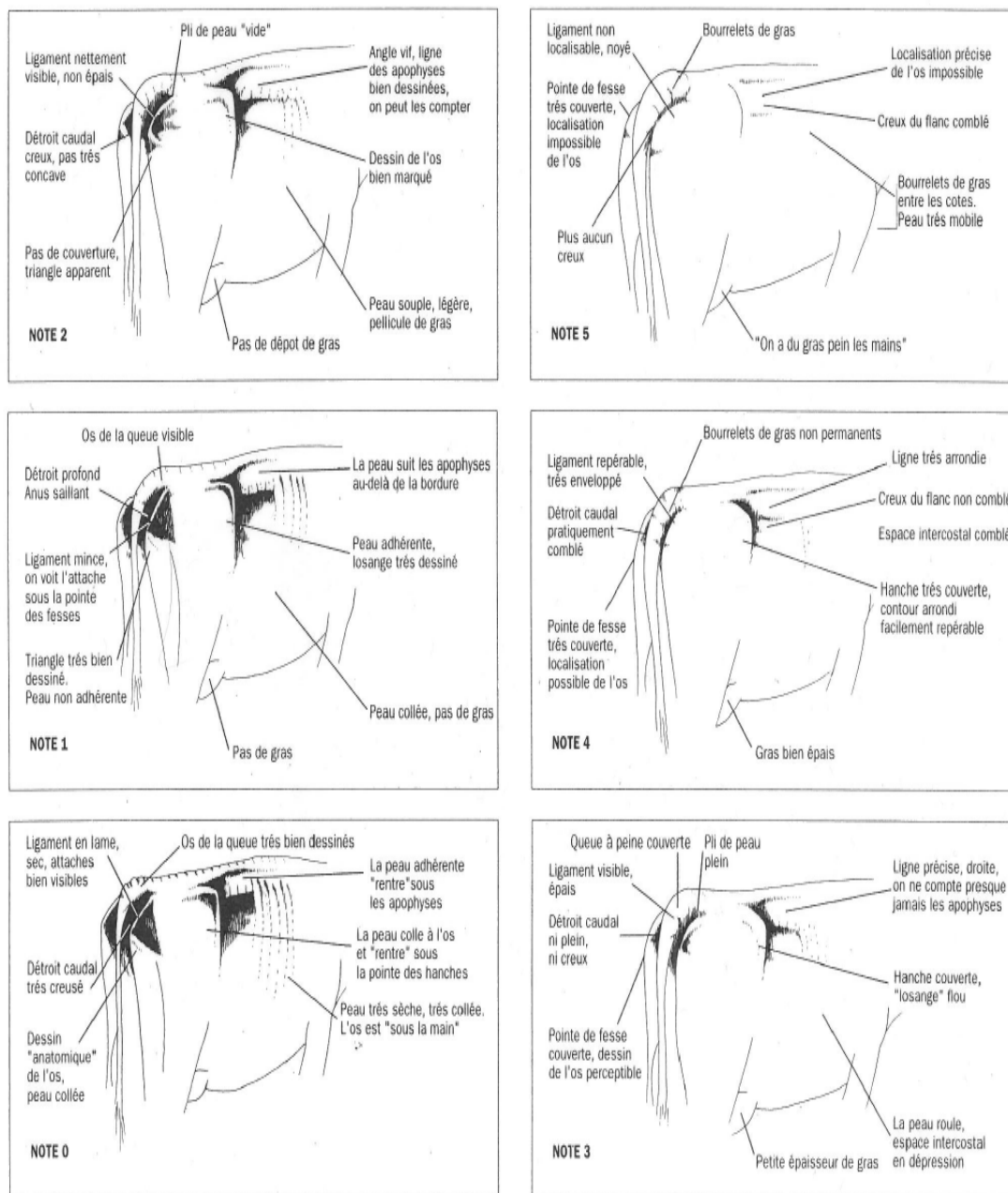
Fiche de suivi individuelle des vaches laitières

Vache N° :.....

Lot N° :.....

paramètres enregistrés	Date				
Date de naissance					
IA					
niveau de productivité de la mère « 1ère lactation »					
Date de vêlage					
Poids du veau à la naissance					
Sexe du veau					
Tour de poitrine					
Poids vif					
NEC					
score de remplissage du rumen					
consistance des matières fécales					
score de fraction fécale non digérée					
production laitière	Matin				
	Soir				

Annexe 6 :



RACE MONTBÉLIARDE
(source ITEB)

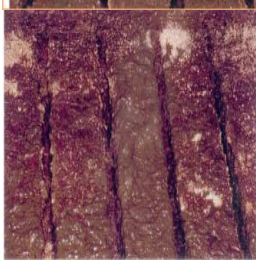
Grille de notation de l'état corporel de la race montbéliarde (Bazin, 1984)

Annexe 7 :

	Score 1 Flanc gauche très creux. Le pli de peau sous la pointe de la hanche tombe verticalement. La vache n'a pas mangé ou a peu mangé.
	Score 2 Le pli de peau sous la pointe de la hanche tombe obliquement en avant vers les côtes. C'est le signe d'une prise insuffisante de nourriture ou d'un transit alimentaire trop rapide. Score fréquent chez les vaches ayant vêlé depuis < 1 semaine.
	Score 3 Le pli de peau tombant de la pointe de la hanche n'est plus visible. Le creux du flanc reste présent derrière les côtes. Note idéale pour les vaches en lactation avec une prise de nourriture suffisante et un bon transit.
	Score 4 Le creux du flanc derrière les côtes a disparu. Note souhaitée pour les vaches en fin de lactation/début de tarissement.
	Score 5 Le rumen est bien rempli. Il n'y a plus rien pour arrêter le regard entre le flanc et les côtes. Note idéale pour les vaches tarées.

Grille de notation de l'état de remplissage du rumen (Zaaijer et Noordhuizen, 2003)

Annexe 8 :

	Score 1 Matières fécales brillantes, avec une consistance homogène. Aucun élément non digéré n'est visible ou palpable. Score idéal pour les vaches en lactation et les vaches tarées.		Score 1 Matières fécales très liquides, qui disparaissent aussitôt entre les lames du caillebotis ou qui s'étalent comme de l'eau. Il s'agit des matières fécales d'un animal très malade.
	Score 2 Matières fécales brillantes, avec une consistance homogène. Quelques éléments non digérés sont visibles et palpables. Score acceptable pour les vaches en lactation et les vaches tarées.		Score 2 Matières fécales liquides, qui produisent des éclaboussures sur un sol dur et disparaissent entre les lames du caillebotis. Il s'agit des matières fécales d'une ration mal équilibrée ou issues d'un pâturage sur une prairie jeune et riche.
	Score 3 Matières fécales légèrement mates, avec une consistance hétérogène. Des fibres non digérées collent aux doigts. Score acceptable pour des génisses pleines et des vaches tarées, mais inacceptable pour des vaches en lactation.		Score 3 Matières fécales plus épaisses, d'une hauteur de 2 à 3 cm, qui gardent leur forme. En les piétinant avec la botte, l'empreinte de la semelle ne reste pas. Ce sont les matières fécales idéales, indiquant que la ration est bien digérée.
	Score 4 Matières fécales mates, avec des éléments non digérés clairement visibles. Score inadéquat, nécessitant une révision de la ration.		Score 4 Matières fécales épaisses, d'une hauteur d'un doigt ou plus. Elles gardent leur forme et s'entassent en anneaux. En les piétinant avec la botte, l'empreinte reste bien marquée. Ce sont les matières fécales d'une ration mal équilibrée (parfois acceptables chez les vaches tarées et les génisses pleines).
	Score 5 Matières fécales mates, avec des particules grossières facilement reconnaissables. Score inadéquat, nécessitant une révision de la ration.		Score 5 Matières fécales ressemblant aux crottins de cheval. Ces matières fécales sont souvent observées chez les vaches tarées et les génisses pleines, mais reflètent une ration déséquilibrée qui doit être revue.

Grille de notation de la fraction fécale non digérée et de la Consistance des matières fécales (Zaaijer et Noordhuizen, 2003)

Annexe 9 :

Variables retenues pour l'analyse en correspondances multiples

Variables nominales actives

(10 variables – 39 modalités associées)

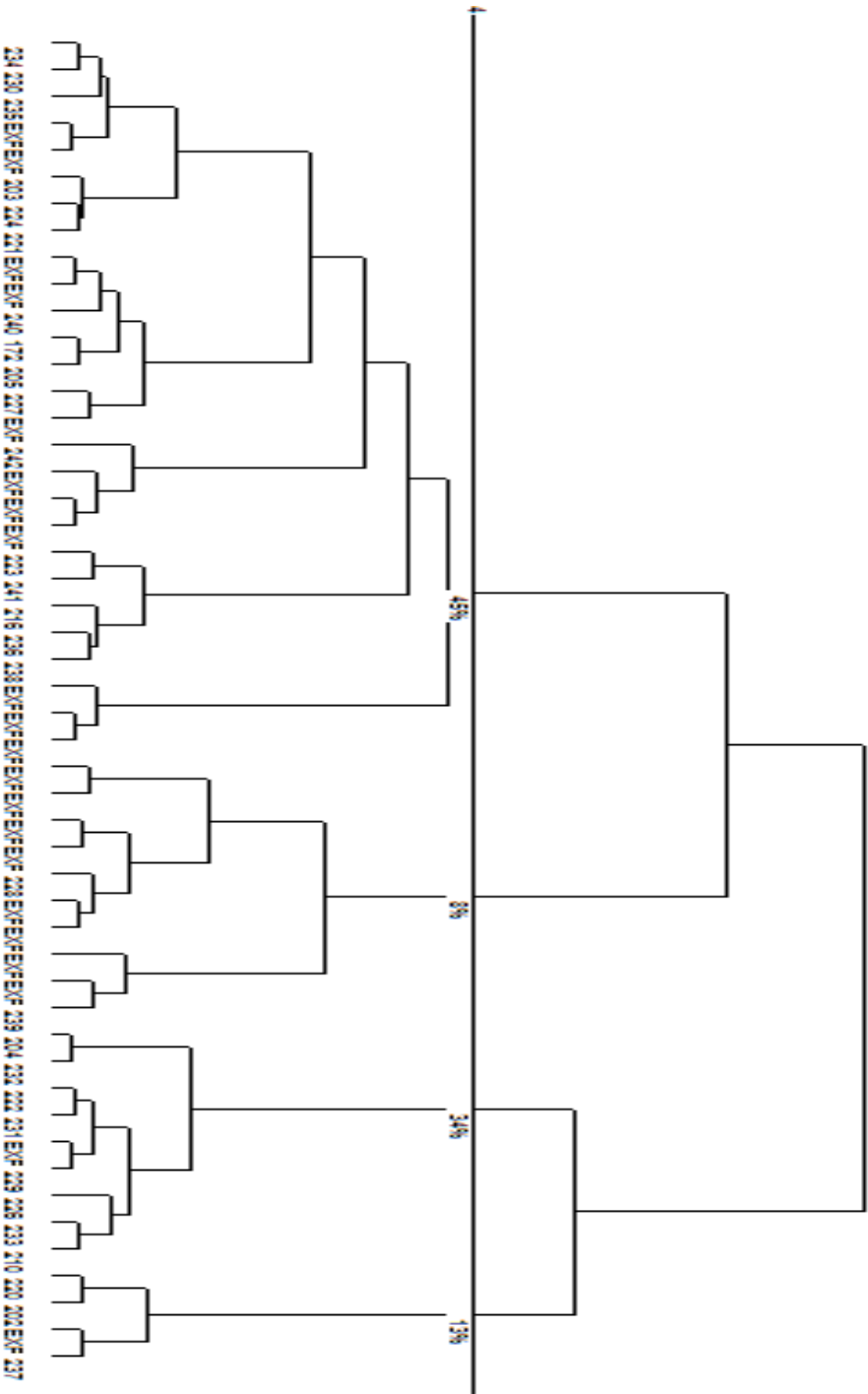
N°	Variable	Modalités associées
3	SAU	4
4	SF%	4
5	SC%	4
7	SAUI%	4
8	UTH	3
9	VL%	4
10	OV (têtes)	4
14	UGBB	4
15	UGBT	4
16	UGBB/UGBT	4

Variables nominales illustratives

(6 variables – 22 modalités associées)

N°	Variable	Modalités associées
1	Zone	3
2	SAT	4
11	CP (têtes)	2
12	PL (kg/vl/j)	4
13	Races exploit	6
17	Chargement UGBT	3

Annexe 10 :



Annexe 11 :**Publications et travaux scientifiques****Articles publiés :**

-Guedjal, F., Bir, A. and Mouffok, C. (2023). Feeding Practices of Dairy Owners in Semi-arid Region of Algeria. Asian Journal of Dairy and Food Research. doi: 10.18805/ajdfr.DRF-299.

Articles soumis :

-Effect of different feeding strategies on lactation, reproduction and economic performances of dairy cow in the semi-arid region.

Communications

Guedjal, F. Bir, A. Mouffok, C. (5-6 Décembre 2022). Effet de la disponibilité, du mode de présentation et de l'emplacement des points d'abreuvement sur la production laitière dans la région de Sétif. 1er séminaire national sur la zootechnie ISAV, Université Mohamed Chérif Messaadia - Souk Ahras.