

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

Faculté des Sciences

Départements des Sciences Agronomiques

N° :



Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Science Agronomiques

Option : Production et Nutrition Animales

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

Intitulé

Etude de la production laitière permise par les rations
alimentaires distribuées au sein d'une exploitation de bovin
laitier

Présenté par :

Hellali Hadjer et Djemai Aicha

Jury composé de :

Mer BAA A

Université de M'sila

Président

Mme BAA BARA Y

Université de M'sila

Rapporteur

Mer DJELAILIA S

Université de M'sila

Examineur

Année universitaire : 2019/2020

Résumé

Au départ, notre travail a consisté de suivre et faire le contrôle laitier des vaches laitières à différents stades de lactation (début, milieu et fin de lactation), au sein d'une exploitation de bovin laitier dans la région de M'cif (M'sila), pendant une période déterminée. L'objectif a été de tracer la courbe de lactation réelle des vaches contrôlées, et, d'un autre côté, de diagnostiquer l'alimentation de ces vaches, de calculer l'apport en UFL de la ration alimentaire et de le comparer avec la production réelle offerte par les VL.

Les conditions actuelles de pandémie de coronavirus covid19, font orienter cet objectif en une simple synthèse bibliographique visant à déterminer au mieux l'ensemble des facteurs, dont l'alimentation, qui influencent la production laitière tant en quantité qu'en qualité.

Mots clés : alimentation, courbe de lactation, facteurs de variation, vaches laitière.

Abstract

Initially, our work consisted of monitoring and performing milk recording of dairy cows at different stages of lactation (beginning, middle and end of lactation), within a dairy cattle farm in the region of M'cif (M'sila), for a specified period. The objective was to plot the actual lactation curve of the cows tested, and, on the other hand, to diagnose the feed of these cows, to calculate the UFL intake of the feed ration and to compare it with the actual production offered by light vehicles.

The current conditions of the covid19 coronavirus pandemic, direct this objective to a simple bibliographic synthesis aimed at best determining all the factors, including diet, which influence milk production in both quantity and quality.

Keywords : dairy cows, diet, lactation curve, variation factors.

في البداية، كان عملنا يتمثل في مراقبة وتسجيل كميات الحليب للأبقار الحلوب في مراحل مختلفة من الإنتاج (بداية، وسط ونهاية فترة إنتاج الحليب)، داخل مزرعة أبقار حلوب في منطقة مسيف (المسيلة)، لفترة محددة. كان الهدف هو رسم منحنى الرضاعة الفعلي للأبقار التي تم اختبارها، ومن ناحية أخرى، تشخيص نوع العلف الذي تتناوله هذه الأبقار، حساب كمية UFL التي يتوفر عليها العلف و، مقارنة الإنتاج المقترض مع الإنتاج الفعلي للأبقار الحلوب.

الظروف الحالية لوباء فيروس كورونا كوفيد 19، غير توجه الهدف إلى بسيط يهدف إلى دراسة نظرية من أجل تحديد، على أفضل وجه، جميع العوامل، بما في ذلك النظام الغذائي، التي تؤثر على إنتاج الحليب من حيث الكمية والنوعية.

الكلمات المفتاحية: النظام الغذائي، منحنى إنتاج الحليب، عوامل الاختلاف، الأبقار الحلوب.



Remerciements

Avant tout nous remercions ALLAH le tout puissant, qui nous a aidés pour finaliser ce modeste travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre promotrice Mme BAA BARA. Y pour ses conseils, ses orientations et sa patience au cours de la préparation de ce mémoire. On tient à remercier aussi les enseignants qui ont accepté de faire partie du jury de ce mémoire de fin d'étude ;

Mr BAA. A, en qualité de président de jury et,

Mr DJELAILIA. S, en qualité d'examineur

Nos sincères remerciements s'adressent à tous les enseignants du département d'Agronomie pour leurs efforts au cours de notre cursus. MERCI



Dédicace

Je dédie ce modeste travail à:

Mes très chers Parents qui m'ont guidé durant toute ma vie, au cours des moments pénibles de ce long chemin, ils ont été toujours à mes côtés; Ma mère Haizia et mon père Athmane, pour leurs sacrifices toute la vie afin de me voir devenir ce que je suis, merci infiniment

A mon cher époux Nacer, pour son aide précieuse et sa persévérance toute au long de mon projet

A ma sœur Amina

A mes frères Chawki, Haithem et Zaid

A mon oncle Brahime et sa femme Wafa

A mes amies Hadjer et Nadjet

A tous mes enseignants, je leurs exprime ma profonde gratitude

A tous mes collègues de la promotion M2 PNA

Enfin, je ne saurais terminer sans dédier ce fruit à la famille Djemai.

Aicha





Dédicace

Je dédie cet humble travail aux honorables parents, que dieu les protège, pour leur soutien et leurs encouragements durant toutes les étapes de ma vie

A tous les membres de ma famille

A tous mes collègues de M2PNA

A tous ceux qui ont contribué à mon enseignement depuis mon enfance

A tous les enseignants du département d'agronomie qui m'a appris tout au long de ma carrière universitaire

Hadjer



SOMMAIRE

Résumé, Abstract et ملخص

Remerciements

Dédicaces

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction

01

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I. Généralités sur le bovin laitier

1. Évolution de la production laitière nationale	02
2. Evolution de l'effectif des vaches laitières en Algérie	02
3. Les races bovines en Algérie	03
3.1. La race importée (BLM)	03
3.2. La race locale (BLL)	03
3.3. La race améliorée (BLA)	04
4. Système d'élevage.....	04
4.1. Le système intensif de production	04
4.2. Le système extensif de production	04
5. Consommation du lait en Algérie	04
6. Evolution du cheptel bovin laitier dans la wilaya de M'Sila	05
6.1. Effectifs	05
6.2. Evolution des productions et collecte de lait cru des vaches	06
7. Contraintes de l'élevage bovin en Algérie	07

Chapitre II. Alimentation des vaches laitières

1. Introduction	08
2. Besoins nutritionnels	08
2.1. Définition	08
2.2. Nature des besoins	09
2.2.1. Besoins en énergie	09
2.2.2. Besoins en matières azotées	09
2.2.3. Besoins en minéraux et vitamines	10

2.2.4. Besoin en Eau	11
2.3. Capacité d'ingestion	11
3. La ration de base	12
3.1. La ration de base	12
3.2. Ingestibilité et digestibilité des fourrages	13
3.3. Valeur nutritive des aliments	14
3.3.1. Valeur énergétique	14
3.3.2. Valeur azotée	15
3.3.3. Valeur d'encombrement	15
4. Rationnement des vaches laitières.....	18
4.1. Définition	18
4.2. Principe du rationnement	18
4.3. Rationnement de la vache laitière en périodes critiques	19
4.3.1. Au cours de la période sèche (tarissement)	19
4.3.2. Au début de la lactation	20

Chapitre III. Cycle de la production laitière

1. Description du cycle de lactation	22
1.1. Phases du cycle de lactation	23
1.1.1. Phase ascendante (ou croissante)	23
1.1.2. Phase plateau (le pic et la persistance de la lactation)	23
1.1.3. Phase descendante	23
1.1.4. Phase de tarissement (période sèche)	23
1.2. Caractéristique de la courbe de lactation	24
2. Facteurs de variation de la production laitière (aspect quantitatif)	24
3. Facteurs de variation du (TB) et du (TP) dans le lait	26
3.1. Variation du taux butyreux (TB)	26
3.2. Variation du taux protéique (TP)	27
Conclusion	28

Liste de Références Bibliographiques

Liste des Tableaux

Tableau 01	Evolution de la production nationale du lait cru de 2009 à 2015 (DSV-MADR, 2015).....	02
Tableau 02	Evolution de l'effectif des vaches laitières (2006-2015)	03
Tableau 03	Evolution des effectif des vaches dans M'sila (2010-2014)	06
Tableau 04	Evolution des effectifs des vaches laitières dans la région de M'sila	06
Tableau 05	Evolution de production et collecte de lait des vaches dans la Wilaya de M'sila.....	07

Liste des Figures

- Figure 01** Consommation par habitant et par an (en litres équivalent lait liquide)
en France et au Maghreb..... 05
- Figure 02** Rappel des principes de calcul de la valeur des aliments.....17
- Figure 03** Courbe théorique de lactation de la vache laitière22

Liste des Abréviations

AMV	aliment minéral et vitaminique
BLA	bovin laitier moderne
BLL	bovin laitier locale
BLM	bovin laitier moderne
ca	calcium
CB	cellulose brute
D	durée de lactation
dMO	digestibilité de la matière organique
DSA	direction des services agricoles
E	énergie
EAC	exploitation agricole collective
EAI	exploitation agricole individuelle
g	gramme
Ha	hectares
ITELV	institut technique des élevages
IVS	intervalle velage-saillie
Kg	kilogramme
MAD	matière azoté digestible
MADR	ministère de l'agriculture et du développement rurale
MAT	matière azotée totale
MS	matière sèche
N	azote
Na	sodium

P	phosphore
PDI	protéines digestibles au niveau de l'intestin
PDIA	protéines digestibles intestinale d'origine alimentaire
PDIE	protéines digestibles intestinale permis par l'énergie
PDIM	protéines digestibles intestinale d'origine microbienne
PDIN	protéines digestibles intestinale permis par l'azote
PH	potentiel d'hydrogène
PLi	production lait initiale
PLT	production de lait totale
PV	poids vif
TB	taux butyreux
TP	taux protéique
UE	unité d'encombrement
UF	unité fourragère
UFL	unité fourragère lait
UFV	unité fourragère viande

INTRODUCTION

Introduction

En Algérie, comme dans d'autres pays en voie de développement, le lait est un aliment préféré par le consommateur et largement soutenu par les pouvoirs publics, vu sa richesse et son équilibre en éléments nutritifs d'une part et son coût d'autre part (Mouffok, 2007).

L'activité agricole en Algérie concerne 20% de la population active. L'élevage bovin tient une place importante dans l'économie nationale. Le cheptel laitier est estimé à 1 909 500 têtes dont près d'un million de vaches laitières détenues par 215 000 exploitants. Malgré l'importance de l'effectif, il reste en dessous des capacités de production et ne couvre que 62% des besoins en lait cru à l'échelle nationale, le reste étant couvert par les importations. Les besoins pour ce produit de grande consommation sont de 140 litres/habitant/an.

Actuellement, l'élevage bovin laitier fait face à plusieurs contraintes, en particulier dans la conduite du troupeau, notamment l'alimentation et, l'importation de très grandes quantités de semences fourragères (Foughali et al, 2019).

L'élevage laitier Algérien se caractérise par des pratiques et des systèmes de production largement extensifs, des cultures fourragères peu développées et le recours à un matériel biologique local. Il faut, cependant, relever le caractère exceptionnel de la production laitière bovine « moderne » qui repose sur un cheptel de 120000 vaches importées à haut potentiel génétique (Ferrah, 2000).

L'alimentation influence directement la quantité et la qualité du lait produit. Il est donc nécessaire de maîtriser le cycle de production de l'animal et ses besoins afin d'adapter au mieux ses apports alimentaires (Drogoul et al, 2004).

Le confinement actuel au COVID 19, nous a fait orienter l'objectif principal de l'étude à une simple synthèse bibliographique qui vise à présenter l'importance de la filière lait en Algérie « effectifs de bovins laitier, production et consommation », l'état de la production laitière dans la région de M'sila, et ainsi de présenter de façon générale l'ensemble des facteurs qui agissent sur les quantités de lait produites par la vache laitière.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1.

Généralités sur le bovin laitier

1. Évolution de la production laitière Nationale

Malgré l'accroissement enregistré dans la production de lait cru, l'évolution de cette dernière n'a pas suivi celle des capacités de transformation dans l'industrie. Effectivement, les données recueillies au niveau du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR) illustrées par le tableau 1 nous permettent de constater l'évolution positive dans les quantités de lait cru produites au cours de la période analysée, ces dernières sont passées de 2 millions de litres de lait en 2009 à 3 millions en 2015, soit un taux d'évolution de 36%. Cette progression est le résultat direct de l'augmentation de l'effectif bovin par l'importation de génisses pleines qui s'est accentuée surtout à partir de l'année 2004 ainsi que l'amélioration progressive des techniques de production. Par ailleurs, nous constatons sur le terrain les efforts de certains éleveurs pour une meilleure qualité du produit (Belkheir et al, 2018).

Tableau01. Evolution de la production nationale du lait cru de 2009 à 2015 (DSV-MADR, 2015).

Année	Production nationale (10 ⁶ litres)
2009	2 394
2010	2 632
2011	2 926
2012	3 088
2013	3 368
2014	3 548
2015	3 753
Moyenne (2009-2015)	3 101

2. Evolution de l'effectif des vaches laitières en Algérie

L'effectif de vaches laitières a connu une augmentation de 847 640 têtes en 2006 à 1 072 512 têtes en 2014. L'effectif a chuté en 2015, pour atteindre 915 400 têtes (tableau 2). Les causes principales de ces variations seraient probablement les disponibilités fourragères variables selon les années, dépendant en grande partie selon la pluviométrie, puisque la majorité des cultures fourragères est conduite en sec. Une autre cause de ces variations d'effectifs serait l'apparition durant cette période de certaines maladies réputées dangereuses et contagieuses, en dépit du programme de prévention et de lutte mis en place par les pouvoirs publics. Ces maladies sont principalement la fièvre aphteuse et la brucellose (ITELV, 2016).

Tableau 02. Evolution de l'effectif des vaches laitières (2006-2015) (ITELV, 2016)

Année	Vaches laitières (têtes)			Génisses + de 12 mois
	BLM	BLA+BLL	Total	
2006	207740	639 900	847 640	193 960
2007	216 340	643 630	859 970	198 780
2008	214 485	639 038	853 523	201 033
2009	229 929	652 353	882 282	205 409
2010	239 776	675 624	915 400	212 323
2011	249 990	690 700	940 690	218 382
2012	267 139	698 958	966 097	220 627
2013	293 856	714 719	1008 575	226 907
2014	328 901	743 611	1 072 512	246 758
2015	239 776	675 624	915 400	212 323

3. Les races de bovin laitier en Algérie

Le cheptel bovin est constitué de trois catégories de races laitières :

3.1. La race importée (BLM)

Les races hautes productrices ou bovins laitiers modernes (BLM), sont des races d'importation à haut potentiel génétique d'origine Européenne, l'introduction de ces races était depuis la colonisation du pays (Eddebarh, 1989), elles représentent 9 à 10% du total du cheptel national, soit 120000 à 130000 têtes, ce cheptel assure 40% de la production du lait (Bencharif, 2001).

3.2. La race locale (BLL)

Utilisée principalement pour le lait, la viande et les travaux de traction, elle occupe les zones difficiles situées dans les régions montagneuses et les parcours. On distingue principalement :

- La Guelmoise à pelage gris foncé, vivant en zones forestières, répandue dans les régions de Guelma et de Jijel ;
- La Cheurfa à pelage gris clair presque blanchâtre vit en bordure des forêts et se rencontre dans les régions de Jijel et de Guelma ;
- La Sétifiennne à robe noirâtre uniforme présente une bonne conformation, sa taille et son poids varient selon la région où elle vit ;

- La Chélifienne se caractérise par une robe fauve, une tête courte, des cornes en crochets, des orbites saillantes entourées de lunettes « marron foncé » et une longue queue noire qui touche le sol ;

Il existe d'autres variétés, dont les effectifs sont plus réduits, telles que la Djerba, la Kabyle et la Chaouia (Abdelguerfi et Ramdane, 2003).

3.3. La race améliorée (BLA)

Elles sont des races issues de multiples croisements entre la race locale et les différentes races importées pour l'amélioration de la production, ces races importées sont réputées par leur potentiel génétique élevé. Cependant, leurs performances diminuent dans nos conditions par rapport à leurs pays d'origine (Nedjraoui, 2001). Le cheptel était estimé à 555 000 têtes, soit 42 % à 43 % de l'ensemble du troupeau, et assurait 40 % environ de la production (Bencharif, 2001).

4. Systèmes d'élevage de bovin laitier

4.1. Système intensif

Ce système est constitué par les exploitations privées ainsi que les EAI et les EAC (exploitations agricoles issues de la restructuration des anciennes fermes d'état). Il se localise dans les zones à fort potentiel d'irrigation autour des villes de moyenne et de grande importance. Ces élevages s'inscrivent dans des exploitations de moins de 5 Ha. Le cheptel est constitué par des races importées à haut potentiel de production (120 à 130000) vaches pour une production estimée entre 420 et 450 millions de litres, soit 62 à 65% de la production laitière bovine globale (Ferrah, 2000).

4.2. Système extensif

Il concerne des ateliers de taille relativement réduite (1 à 6 vaches) localisé dans les zones de montagnes et forestières, ce système utilise des peuplements bovins issus de multiples croisements entre les populations locales et les races importées (Ferrah, 2000).

5. Consommation du lait en Algérie

Le lait constitue un produit de base dans le modèle de consommation Algérien. Sa part dans les importations alimentaires totales du pays représente environ 22 %, ainsi l'Algérie se classe au troisième rang mondial en matière d'importation de lait et produits laitiers après l'Italie et le Mexique (Amellal, 1995).

En 2014, la consommation moyenne de lait en Algérie a été de 130 litres par personne et par an, se classant parmi les plus gros consommateurs de lait au monde (Belaid, 2016). La figure 01 présente les consommations de lait en Algérie, la Tunisie et le Maroc. Selon (CFCE, 2002), la consommation du lait et dérivés en Algérie est plus importante (110 litres) que celle du Maroc (42 litres) et de la Tunisie (102 litres), mais elle reste très loin de celle des pays développés (380 l en France).

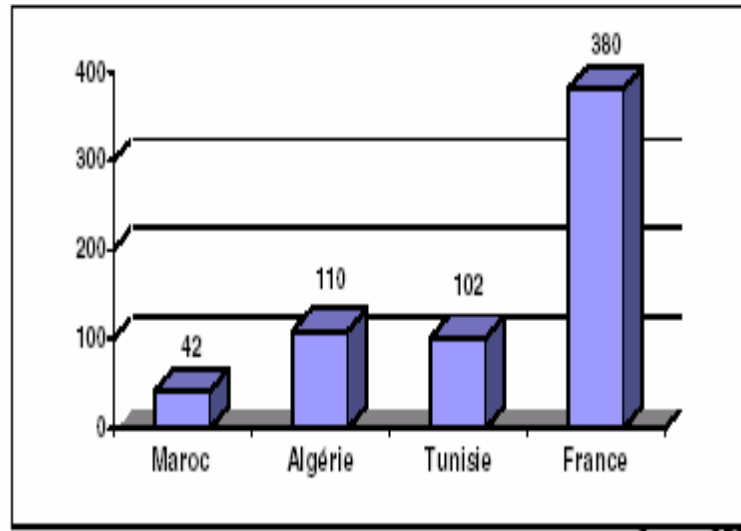


Figure 1. Consommation par habitant et par an (en litre équivalent lait liquide) en France et au Maghreb (CFCE, 2002)

6. Evolution du cheptel bovin laitier dans la wilaya de M'Sila

6.1. Effectifs

L'élevage des bovins a connu une augmentation des effectifs durant ces dernières années avec les collaborations de l'état de l'année 2010 pour améliorer les productions d'élevage, les effectifs des bovins sont passés de 26 000 têtes en 2010 à têtes en 32 700 têtes en 2014 (tableau 03).

Tableau 03. Evolution des effectifs des vaches laitières dans la wilaya de M'Sila (2010-2014) (DSA, 2019).

Année	Effectif total de bovin (têtes)	Effectif de bovin laitier (têtes)
2010	26 600	17 500
2011	26 800	17 700
2012	26 800	17 700
2013	27 500	17 700
2014	32 700	21 700

Concernant le cheptel de vaches laitières qui est composé de trois catégories de bovins laitier (moderne « BLM», croisée «BLA» et local «BLL»), l'évolution de l'effectif a été progressive et faible entre 2010 et 2012. A partir de 2013, des changements des cheptels sont observées pour arriver à 34700 têtes en 2018 (tableau 04).

Tableau 04. Evolution des effectifs des vaches laitières dans la wilaya de M'Sila (DSA, 2019).

Année	BLM	BLL+ BLA	Total VL
2010	8 300	9 200	17 500
2011	8 500	9 200	17 700
2012	9 000	8 700	17 700
2014	11 500	10 200	21 700
2015	10 500	8 100	18 600
2016	11 000	10 000	21 000
2017	12 600	9 800	22 400
2018	13 000	11 200	24 200

6.2. Evolution des productions et collecte de lait cru des vaches (2008-2018)

La production totale de lait dans la région en 2018 est de 77 752 litres avec un pourcentage d'augmentations de +9%, alors que la collecte ne représente que 31 908 litres avec un pourcentage d'augmentations +17% (tableau 05).

Tableau 05. Evolution de production et collecte de lait des vaches dans la Wilaya de M'Sila (DSA, 2019).

Année	Production (10 ⁶ litres)	Collecte (10 ⁶ litres)	Nombre collectes	Nombre centres collecte	Nombre éleveurs
2008	42,36	0,75	04	01	3 640
2009	45,26	2,65	06	01	3 710
2010	47,10	4,55	10	01	3 790
2011	49,70	10,50	27	04	3 880
2012	53,71	24,25	39	04	4 390
2013	56,45	27,80	39	08	4 750
2014	66,49	28,74	40	12	4 970
2015	71,64	27,76	39	12	5 430
2016	68,92	27,05	39	12	5 180
2017	71,50	27,28	39	12	5 620
2018	77,752	31,908	39	12	-

7. Les contraintes de l'élevage bovin en Algérie

Parmi les plus importantes contraintes, le manque d'une politique rigoureuse de sélection génétique, la conduite d'élevage et les facteurs économiques. Le mode de conduite reste globalement archaïque et peu propice à l'expression des potentialités des animaux (Belkheir et al, 2018). Le déficit de la production laitière est imputable à divers facteurs, cités ci-dessous.

- Insuffisance des fourrages ;
- Mauvaise adaptation des races importées ;
- Mauvaise maîtrise des techniques de conduite des cheptels ;
- Absence de stratégie de développement du cheptel national (Guerra, 2007) ;
- Faiblesse des approvisionnements en produits agricoles (quantité, qualité, prix) ;
- Insuffisances de la distribution (système commercial et logistique inadapté, méconnaissance des marchés,...) ;
- Faiblesse de l'environnement scientifique et technique ;
- Faible maîtrise des méthodes modernes d'organisation et de management ;
- Faible capacité d'attraction des investissements étrangers ;
- Difficultés à affronter la concurrence internationale (Bencharif, 2001)

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 2.

Alimentation de la vache laitière

1. Introduction

Selon (Cuvelier et Dufrasne, 2005), le système digestif des bovins présente la particularité d'être pourvu de 4 estomacs : 3 préestomacs (rumen, réseau et feuillet) et un estomac proprement dit (la caillette). Cette configuration particulière permet au ruminant d'effectuer une prédigestion microbienne des aliments, facilitant une utilisation poussée des fibres présentes dans la ration.

Le rumen est un écosystème peuplé de microorganismes qui vivent en symbiose avec le ruminant. Ces microorganismes, adaptés à vivre dans un environnement caractérisé par un pH de 6,0 à 7,0, dégradent, via des processus d'hydrolyse et de fermentations, la plupart des composants de la ration alimentaire.

2. Besoins nutritionnels

2.1. Définition

Les besoins des vaches laitières sont principalement de types énergétique et azoté et, sont organisés sous forme de besoins d'entretien et de production. Si les premières correspondant aux dépenses réalisées par l'animal pour répondre au fonctionnement de son métabolisme de base et de ses activités de mouvement sont influencées par son poids, les seconds signalés sont relatifs à la nature et le niveau de production de ce dernier (le GMQ pour la croissance et l'engraissement, le dernier tiers de gestation, la quantité et la richesse du lait produit). Ainsi, et pour de meilleures performances zootechniques, ces besoins alimentaires doivent être connus et raisonnablement couverts (Institut de l'élevage, 2010).

Selon (Kadi, 2007), les animaux doivent trouver dans leurs aliments les constituants permettant le renouvellement de la matière vivante, son accroissement éventuel (croissance, gestation) et la synthèse des productions.

Les quantités d'éléments nutritifs assimilables nécessaires à toutes ces activités définissent les besoins. Donc les besoins nutritionnels nets correspondent aux dépenses physiologiques de l'animal pour son entretien et ses productions ; dépenses que l'animal couvre à partir des nutriments qui lui sont apportés par la ration. Les besoins alimentaires incluent à la fois les besoins nutritifs et la capacité d'ingestion (CI).

2.2. Nature des besoins

De façon générale, il existe, deux type de besoins chez les animaux : les besoins d'entretien et les besoins de production (croissance, gestation, production de lait). L'état d'entretien et celui de production des vaches nécessitent non seulement des protéines et de l'énergie, mais également des minéraux et des vitamines (Ba-Diao et al, 2006).

2.2.1. Besoins en énergie

Selon Denis et Meyer (1999), l'énergie utilisée par les vaches est celle des nutriments absorbées par l'animal et celle provenant de l'utilisation des réserves. Cette énergie se présente sous forme d'acides gras volatils (AGV), de glucides simples et d'acide gras longs. Ces composés sont utilisés pour tous les processus métaboliques des cellules, qu'elles soient musculaires, sanguines, nerveuses, adipeuses ou mammaires. Les besoins en énergie nette (EN) sont exprimés en unités fourragères lait (UFL). Pour une vache en stabulation entravée, les besoins d'entretien sont fonction du poids vif. Ces besoins peuvent être calculés selon la formule :

$$E \text{ (UFL)} = 1,4 + 0,006 P ; (P = \text{poids vif en Kg}).$$

Ils sont augmentés de 10 % pour les vaches en stabulation libre, de 20% pour des animaux sur parcelles de fourrages cultivés, de 45% sur parcours, de plus de 60% sur parcours en région montagneuse. Il faut rappeler que ces normes sont valables pour des animaux à poids constant.

Les besoins pour la production de lait sont souvent rapportés a une composition standard de lait à 4% de matière grasse (MG). Ils sont alors de 0,44 UFL par kilo de lait. Les besoins seront plus élevés lorsque le taux butyreux (TB) sera supérieur à 4%, et moins élevés dans le cas contraire. Les besoins énergétiques en UFL pour la production d'un kilo de lait se calculent selon la formule :

$$\text{UFL par kilo de lait} = 0,44 (0,4 + 0,15 \text{ TB}) ; (\text{TB} = \text{taux butyreux du lait, en \%})$$

2.2.2. Besoins en matières azotées

Contrairement aux autres mammifères, les ruminants sont capables d'utiliser l'azote sous différentes formes :

Les plus classiques sont la forme protidique, protéines, polypeptides et acides aminés libres, ainsi que les bases azotées des acides nucléiques. Mais l'azote non protéique (amine, urée...) et les formes azotées simples sont également valorisables grâce à la flore microbienne du rumen (Cauty et Perreau, 2009). L'animal renouvelle en permanence ses protéines corporelles et le processus de digestion provoquent des pertes cellulaires, donc de protéines. Ces fonctions sont minimales à l'entretien. Elles sont augmentées avec la production de lait, par le fonctionnement plus important d'un certain nombre d'organes d'une part, et par l'utilisation des acides aminés circulants pour la synthèse des protéines du lait d'autre part (Denis et Meyer, 1999).

On mesure les besoins protéiques sous forme de PDI (protéines digestibles dans l'intestin). Ces PDI se composent de deux fractions, une qui a échappé aux attaques microbiennes, ce sont les PDIA (protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire), et l'autre, la fraction azotée qui a été recombinaisonnée dans le rumen sous forme de protéines microbiennes : les PDIM. La production de ces dernières dépend de l'équilibre de la ration (Cauty et Perreau, 2009).

Pour un aliment donné, on appelle PDIMN la quantité potentielle de PDIM lorsque l'azote est limitant et PDIME la quantité potentielle de PDIM lorsque l'énergie est limitant.

On a donc les formules suivantes dont les résultats sont utiles pour le calcul des rations :

$$\text{PDI} = \text{PDIA} + \text{PDIM}$$

$$\text{PDI} = \text{PDIA} + \text{PDIME} = \text{PDIE} \text{ si l'énergie est le facteur limitant.}$$

$$\text{PDI} = \text{PDIA} + \text{PDIMN} = \text{PDIN} \text{ si l'azote est le facteur limitant (Cauty et Perreau, 2009)}$$

2.2.3. Besoins en minéraux et vitamines

L'entretien et la production des vaches nécessitent non seulement des protéines et de l'énergie, mais aussi des minéraux et des vitamines. Les minéraux et les vitamines ne posent pas de problèmes si l'alimentation est assez bien équilibrée (contenant des concentrés équilibrés et un fourrage varié). Les problèmes apparaissent quand une vitamine ou un minéral manque ou quand l'alimentation n'est pas équilibrée. Il y a très peu de risques de consommer trop de minéraux ou de vitamines (Bonnier et al, 2004).

Le formulateur doit d'abord compléter la ration de base, éventuellement corrigée, en calcium et en phosphore sur la base des apports recommandés, puis il faut s'assurer que les teneurs de l'AMV (Aliment minéral et vitaminique) en sodium, magnésium et oligoéléments permettent la couverture des besoins. Pour le sodium, une solution simple consiste à laisser une pierre de sel à lécher à la disposition des animaux.

Pour les vitamines, les apports journaliers recommandés dépendent de la proportion de concentré dans la ration (Leborgne et al, 2004). Les apports en minéraux des aliments sont exprimés en g/kg de MS d'aliment pour les macro-éléments (calcium, phosphore, potassium, sodium, chlore, soufre et magnésium) et en mg/kg de MS d'aliment ou en ppm pour les oligo-éléments (fer, sélénium, zinc, cuivre, iode, cobalt, manganèse). Les apports en vitamines sont quant à eux exprimés en mg/kg de MS d'aliment ou en Unité Internationale (UI)/kg de MS d'aliment (Cuvelier et Dufrasne, 2005).

2.2.4. Besoin en Eau

La consommation d'eau est fonction de la ration ingérée, de la production de lait et des conditions climatiques. L'eau est apportée par l'eau de boisson, les aliments (les teneurs sont très élevées dans les fourrages jeunes) et l'eau « métabolique » provenant des réactions cellulaires. Les quantités absorbées peuvent être très différentes. Elles sont souvent exprimées par rapport au kilo de matière sèche ingérée (MSI). Elles varient dans des limites allant de 2 à 5 litres par kilo de matière sèche. Pour la production de lait, la consommation d'eau augmente mais, en parallèle, la quantité d'aliment consommée augmente et la proportion d'eau par kilo de matière sèche ingérée varie très peu (Denis et Meyer, 1999).

2.3. Capacité d'ingestion (CI)

La quantité d'aliments distribués et ingérés volontairement par une vache constitue sa capacité d'ingestion, laquelle est variable selon l'âge de l'animal, son poids, sa production, ses phases de gestation et de lactation, et son état corporel. Ce dernier correspondant au niveau du gras accumulé par l'animal, est un indicateur important permettant de diriger les apports énergétiques de la ration (Cuvelier et Dufrasne, 2002). L'ingestion des aliments par les animaux a pour but de couvrir d'abord leurs besoins d'entretien puis ceux de production (croissance, gestation, lactation, ...).

Au cours du cycle lactation-gestation, la capacité d'ingestion varie de façon générale en même temps que les dépenses énergétiques. Cependant, les variations de la capacité d'ingestion sont beaucoup moins importantes et moins rapides que celles des besoins énergétiques (Wolter, 1992 ; Hoden et al, 1988). Ce décalage entre l'adaptation de l'ingestion alimentaire et l'évolution des dépenses énergétiques s'explique par le fait que la CI est, fondamentalement limitée par la capacité du rumen lorsque la ration de base est constituée de fourrage. La capacité du rumen est étroitement liée à la taille de l'animal et au volume disponible dans la cavité abdominale. Cette dernière est comprimée (de même que le rumen) par le développement de l'utérus et des réserves adipeuses abdominales en fin de gestation (Wolter, 1992 ; Jarrige, 1988 ; Enevoldsen et al, 1997).

3. La ration de base

3.1. Définition

La ration alimentaire d'un animal domestique est satisfaisante si elle procure en quantité suffisante des éléments dont la transformation fournit l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'organisme animal, si elle apporte une quantité d'eau suffisante au métabolisme et à la régulation thermique, si elle contient des matières protéiques en quantité suffisante et de qualité adéquate pour assurer le croissance et l'entretien de l'animal, si elle contient en quantité suffisante et dans de bonnes proportions des matières minérales et des vitamines, si elle a un encombrement en rapport avec une valeur nutritive suffisante (Kadi, 2007).

La ration de base se compose essentiellement d'aliments grossiers (cellulose ; plus de 15 % de MS), notamment les fourrages conservés. Elle se caractérise par sa valeur nutritive et son ingestibilité (Bouhamida, 2014) et est commune à l'ensemble des lots de vaches laitières en fonction des niveaux de production.

Une ration complémentaire est constituée d'aliments plus riches ou « aliments concentrés » (grains et tourteaux) et subordonnée à des niveaux de production laitière supérieurs au niveau satisfait par la ration de base (Institut de Développement de L'Élevage Bovin, 1983).

3.2. Ingestibilité et digestibilité des fourrages

Les aliments ingérés ne sont pas absorbés en totalité, une partie des « ingesta » traverse le tube digestif et se retrouve dans les fèces. La digestibilité constitue le principal facteur de variation de la valeur énergétique des aliments (Delteil et al, 2004).

L'ingestibilité est définie comme le potentiel d'ingestion d'un aliment par un animal. L'acte d'ingestion consiste à remplir le rumen avec des aliments solides dont les fourrages constituent un élément essentiel avec de l'eau. Ces aliments solides sont dégradés de manière continue par une flore complexe constituée de bactéries, de protozoaires, de levures, etc (Vignau-Loustau et Huyghe, 2005). L'ingestibilité de l'aliment, c'est à dire son aptitude à être ingéré en plus ou moins grande quantité par l'animal. Pour les fourrages naturels, ce paramètre varie selon l'appétibilité (attrait exercé sur l'animal, caractéristiques organoleptiques) et, pour une large part, selon la digestibilité et la teneur en azote.

On admet généralement que 70% des variations de la digestibilité peuvent être attribuées à des variations de la composition chimique et de la digestibilité. Des fourrages âgés à teneur élevée en fibres et lignine et à teneur faible en protéines séjournent plus longtemps dans le rumen. La limitation des quantités d'azote dégradable et d'énergie fermentescible ralentit d'autant le développement de la population bactérienne cellulolytique. Le transit et la reprise de l'ingestion se font moins rapidement que pour des fourrages plus jeunes (CIRAD-GRET, 2006).

L'ingestibilité des fourrages verts dépend en gros des mêmes critères que ceux qui conditionnent la digestibilité, à savoir :

- Le rapport feuilles/tiges ;
- La proportion de constituants intracellulaires : leur digestibilité réelle est pratiquement de 100%, ils sont très rapidement digérés et n'encombrent pas ou peu le rumen ;
- Et, par différence, la proportion de parois : la vitesse de dégradation et de réduction des parois cellulaires en fines particules, ce qui leur permet de quitter le rumen, diminue en effet au fur et à mesure que la proportion de parois augmente et qu'elles deviennent de plus en plus lignifiées (Demarquilly et al, 1998).

3.3. Valeur nutritive des aliments

La valeur alimentaire d'une ration est par définition le produit entre sa valeur nutritive et la quantité ingérée. La valeur nutritive, quant à elle, est caractérisée par la valeur énergétique, en azote, en minéraux et en vitamines (Mauries et Allard, 1998).

La valeur alimentaire comprend deux grandes composantes :

- L'ingestibilité de l'aliment qui est exprimée par sa valeur d'encombrement (UE), est l'aptitude d'un aliment à être ingéré en plus ou moins grande quantité. Les aliments concentrés n'ont pas de valeur d'encombrement propre. Leur valeur d'encombrement est fonction de celle des fourrages de la ration et du taux de substitution de l'aliment concentré aux fourrages.
- La valeur nutritive qui permet d'évaluer la contribution de cet aliment à la couverture des besoins nutritionnels de l'animal, est fortement liée à la composition biochimique et à l'origine des constituants végétaux (cytoplasmiques et membranaires) constitutifs de l'aliment.

Il est nécessaire d'exprimer les besoins des animaux et la valeur nutritive de tous les aliments (valeur énergétique, valeur azotée...) dans les mêmes unités. Des méthodes de calcul et de prédiction de la valeur nutritive ont été élaborées, prenant en compte les diverses étapes de la transformation des aliments en tissus ou en produits de sécrétion, ainsi que leurs rendements de transformation. Ces ensembles de concepts et de modes de calculs constituent des « systèmes » de prédiction de la valeur énergétique, de la valeur azotée et de l'ingestibilité des aliments (Demarquilly et al, 1996).

3.3.1. Valeur énergétique

La valeur énergétique des fourrages s'exprime par leur teneur en énergie nette (EN) dans le système des unités fourragères (UFL, UFV). Le principal facteur de variation de la teneur en énergie nette des aliments est la digestibilité de l'énergie brute (dEB) qu'ils contiennent et qui est très étroitement liée à la digestibilité de la matière organique (dMO).

Pour les fourrages comme pour les concentrés, la démarche consiste à estimer la dMO, puis, les UFL et UFV sont calculées de façon séquentielle à partir des estimations des énergies ; brute, digestible, métabolisable et enfin de l'énergie nette (Baumont et al, 1999).

Dans ce système, on compare la teneur en énergie nette des aliments à celle d'un aliment de référence. L'aliment de référence retenu à la mise en place du système (1988) est l'orge. On peut donc écrire cette équation :

Valeur énergétique d'un aliment (UF) = énergie nette de 1 Kg de MS d'aliment (KCAL) \ énergie nette de 1 Kg d'orge (KCAL) (Croisier et Croisier, 2012).

3.3.2. Valeur azotée

La valeur azotée des fourrages s'exprime par leur teneur en protéines digestibles dans l'intestin (PDI) afin d'intégrer les remaniements importants des protéines dans le rumen.

On distingue la valeur PDIN qui représente la valeur PDI de l'aliment s'il est inclus dans une ration déficitaire en azote dégradable, et la valeur PDIE qui représente la valeur PDI s'il est inclus dans une ration où l'énergie est le facteur limitant des synthèses microbiennes (Baumont et al, 2009). La digestion des matières azotées est plus ou moins importante. L'ancien système de recommandations en matières azotées digestibles (MAD) consistait uniquement en un bilan des quantités de matières azotées ingérées et de celles excrétées. Or, et cela a été exposé plus haut concernant la digestion des ruminants, les matières azotées sont en partie modifiées lors de leur passage dans le rumen, et l'évaluation des protéines d'origine microbienne et des protéines d'origine alimentaire non transformées dans le rumen donne une plus juste valeur azotée des aliments. Le système PDI est donc à utiliser de préférence pour les animaux à haute production (Meyer et Denis, 1999).

Le système MAD peut encore être utilisé pour les vaches de faible ou de moyenne production. Les ruminants, après avoir absorbés les protéines digérées (sous forme d'acides aminés), bénéficient donc à la fois des PDIA et des PDIM. Pour tenir compte des facteurs militants, (Croisier, 2012) a fait la distinction de deux catégories :

$$PDIE=PDIA+PDIM-E$$

$$PDIN=PDIA+PDIM-N$$

3.3.3. Valeur d'encombrement

Le système des unités d'encombrement repose sur l'idée d'attribuer une nouvelle valeur alimentaire à chaque aliment pour caractériser son aptitude à être ingérée, appelée

valeur d'encombrement (UE), que l'on pourrait également appeler valeur de rassasiement (Faverdin et al, 2007).

Les valeurs d'encombrement des fourrages (UE) permettent de prévoir les quantités ingérées de fourrage et le taux de substitution entre les fourrages et les aliments concentrés. Leur estimation est donc indispensable au rationnement (Baumont et al, 2009).

Selon (Baumont et al, 1999), l'estimation des valeurs (UE) se fait généralement à partir des équations utilisant la dMO et la teneur en MAT lorsque la dMO est prévue à partir de la digestibilité pepsine cellulase ou de l'âge ou bien à partir des équations utilisant les teneurs en CB et en MAT lorsque la dMO est prévue à partir de ces critères.

Valeur énergétique		
$UFL = \frac{ENL}{1700}$	$UFV = \frac{ENEV}{1820}$	
Énergie nette pour la lactation $ENL = EM \times kl$ Énergie nette pour l'entretien et la production de viande $ENEV = EM \times kmf$		
avec $kl =$ efficacité d'utilisation de l'énergie métabolisable (EM) pour la lactation $kmf =$ efficacité d'utilisation de l'EM pour l'entretien et la production de viande		
Energie métabolisable $EM = EB \times dE \times \frac{EM}{ED}$		
avec $EB =$ énergie brute de l'aliment $dE =$ digestibilité de l'énergie : fonction de la dMO de l'aliment $EM/ED =$ rend compte des pertes d'énergie sous formes de gaz et dans les urines, fonction de la composition chimique de l'aliment et du niveau de l'alimentation		
Valeur azotée		
$PDIN = PDIA + PDIMN$ $PDIE = PDIA + PDIME$		
avec $PDIA =$ protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire $PDIM =$ protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limitées par l'azote dégradable (PDIMN), par l'énergie fermentescible (PDIME).		
$PDIA = 1,11 \times MAT \times (1 - DT) \times dr$ $PDIMN = 0,64 \times MAT \times (DT - 0,10)$ $PDIME = 0,093 \times MOF$		
avec $MAT =$ matières azotées totales de l'aliment $DT =$ dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen $dr =$ digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle $MOF =$ matière organique fermentescible de l'aliment		
Valeur d'encombrement		
Fourrage		
$UEM = \frac{75}{QIM}$	$UEB = \frac{90}{QIG}$	$UEL = \frac{140}{QIVL}$
avec UEM, UEB et UEL : unité d'encombrement mouton, bovins, et lait respectivement QIM, QIG et $QIVL$: ingestibilité mouton, génisse et vache laitière respectivement		
Concentrés : $UE_{concentré} = Sg \times UE_{fourrage}$		
avec Sg : taux de substitution global de l'aliment concentré		

Figure 02. Rappel des principes de calcul de la valeur des aliments (Baumont et al, 1999).

4. Rationnement des vaches laitières

4.1. Définition

Selon Dudouet (2010), la ration alimentaire est la quantité journalière d'aliment nécessaire pour couvrir les besoins d'entretien et de production d'un animal pendant 24 heures. Elle se décompose en deux parties, la ration de base, distribuée de façon uniforme à tous les animaux, et la ration complémentaire (à base de concentré) dont la quantité distribuée varie selon l'animal.

Le calcul des rations doit satisfaire deux types de conditions ; techniques et économiques :

Les conditions techniques : une ration doit apporter de l'énergie, des matières azotées, des matières grasses, des minéraux, des vitamines, de l'eau, de l'encombrement et ne pas contenir de substances toxiques, de plus, elle doit être équilibrée, appétente, adaptée à la particularité de l'appareil digestif de l'animal.

Les conditions économiques : la ration doit être équilibrée pour éviter des pertes ou du gaspillage, adaptée au but poursuivi et au potentiel génétique de l'animal. L'optimum économique peut varier selon le contexte de chaque exploitation et selon les rapports de prix entre le lait, la matière utile, les aliments produits sur l'exploitation ou achetés.

4.2. Principe du rationnement

Le rationnement a pour objectif de calculer les quantités d'aliments à distribuer à un animal pour lui permettre d'assurer au mieux la couverture de ses besoins d'entretien et de production en énergie, azote, minéraux, oligo-éléments et vitamines. Dans certains cas, il n'est pas possible ou il n'est pas nécessaire de couvrir complètement les besoins : l'animal peut prélever transitoirement dans ses réserves corporelles les nutriments qui lui manquent et adapter sa production (INRA, 2007).

La connaissance des valeurs alimentaires des aliments, des besoins, ou des recommandations correspondants des animaux permettent :

- De concevoir une ration à partir du type de l'animal dont on connaît le poids et le potentiel de production.

- De prévoir le niveau de performance (réponse) le plus probable que peut permettre un aliment ou une ration données.

Ces approches se réalisent à l'aide de règles de calcul d'autant plus simples que l'on dispose d'un nombre réduit d'aliments et de composantes nutritives. Dans le cas contraire, la multiplication des moyens de calcul rapide permet de résoudre rapidement ce type de problèmes (Sauvant, 2004).

Le rationnement pratique comporte quatre étapes essentielles :

- Détermination des caractéristiques moyennes des animaux du troupeau pour évaluer la capacité d'ingestion et les besoins à satisfaire,
- Estimation de la quantité d'aliment constituant la ration de base consommée par toutes les vaches,
- Evaluation de la production laitière permise (PLP) par la ration de base ou la comparaison entre les apports de la ration de base et les besoins de l'animal,
- Détermination de la complémentation éventuelle à apporter pour couvrir les déficits (énergétiques, azotes puis en minéraux) (Leborgne et al, 2004).

4.3. Rationnement alimentaire de la vache laitière en périodes critiques

Selon Drogoul et al (2004), Les règles qui régissent l'alimentation des vaches laitières découlent de trois constatations :

- Le cycle de production de la vache laitière est étroitement lié à son cycle de reproduction,
- Sa CI ne suffit pas toujours pour lui permettre de satisfaire ses besoins en début de la lactation,
- Les fourrages, aliments de base de la vache laitière ne permettent pas, dans la plupart des cas, de faire face aux dépenses importantes dues à des niveaux élevés de production.

4.3.1. Au cours de la période sèche (tarissement)

Le tarissement est obligatoire pour une relance hormonale et régénération des tissus mammaires et non pas pour une remise en état qui doit intervenir antérieurement, en seconde partie de la lactation (Wolter, 1997).

Pendant la plus grande partie de la période sèche, la vache laitière a des besoins suffisamment faibles pour pouvoir les couvrir entièrement par l'alimentation en dépit d'une capacité d'ingestion réduite, des risques de sous-alimentation énergétique apparaissent néanmoins dans les 2 dernières semaines avant vêlage, lorsque les besoins de gestation sont maximum et que l'appétit chute (Sérieys, 1997).

Les vaches tarées doivent être séparées des vaches en production. Leurs besoins sont réduits de moitié environ par rapport aux besoins maximaux, ils correspondent aux besoins d'entretien et de fin de gestation, équivalent à la production de 7 à 8 kg de lait. Pendant la période de tarissement, pour les animaux en état, c'est-à-dire ayant déjà reconstitué leurs réserves en fin de lactation, la ration doit couvrir strictement les besoins d'entretien et de gestation, pour les animaux encore trop maigres, ce qui n'est pas souhaitable, il est essentiel d'achever la reconstitution des réserves corporelles par un apport équivalent aux besoins pour la production de 10 à 12 kg de lait (Leborgne et al, 2004).

La vache ne devrait ni s'engraisser, ni maigrir si elle était en bon état de chair avant de chair avant le tarissement. Cependant, la capacité d'ingestion dépasse 10 à 12 kg de MS, ce qui implique d'apporter un régime fibreux comportant plus de 30% de ligno-cellulose tel qu'un pâturage moyen, du foin à volonté, du foin en complément d'ensilage d'herbe (rationne a 5 kg de MS) ou d'ensilage de maïs (rationne a 3 kg de MS) pour couvrir ainsi les besoins d'entretien et de gestation (Sérieys, 1997).

Comme toutes les transitions, elle doit s'effectuer de façon très progressive et permettre à la microflore de s'adapter. En effet, c'est à ce moment que surviennent la plupart des maladies métabolique (acidose, cétose, hypocalcémie puerpérale), dues en grande partie à des erreurs de rationnement (Enjalbert, 2003).

Les apports de minéraux et de vitamines pendant la période sèche doivent répondre à 3 objectifs :

- ✚ Couvrir les besoins d'entretien et de gestation de la vache tarie,
- ✚ Constituer ou reconstituer des réserves pour faire face à une demande en début de lactation qui ne peut être entièrement couverte par l'alimentation,
- ✚ Réduire l'incidence des pathologies du métabolisme hydro-minéral comme l'œdème mammaire et l'hypocalcémie vitulaire ou encore les infections mammaires et les retentions placentaires (Sérieys, 1997).

4.3.2. Au début de la lactation

En élevage laitier, la phase de production la plus délicate à gérer par l'éleveur est le début de lactation. Dans les semaines qui suivent le vêlage les vaches laitières sont en effet durement mises à l'épreuve: changement brutal de la composition de la ration, ingestion faible et manque d'appétit, production croissante jusqu'au pic de lactation en décalage avec cette faible ingestion, déficit énergétique et obligation de démarrer une nouvelle gestation (Mauriès, 2003).

Lors de la période de début de lactation, la capacité d'ingestion de l'animal est réduite, par conséquent la vache ingère moins de fourrages et de concentré que par la suite et que ce qu'il faudrait pour couvrir ses besoins énergétiques et azotés. Il suffit alors, pour éviter tout déficit, de remplacer une partie du concentré de production par du concentré riche en matières azotées du type concentré correcteur (Cauty et Perreau, 2009).

Ainsi, les proportions de concentrés nécessaire conduiraient inmanquablement à l'acidose, d'autant que le changement de régime à opérer après le vêlage serait si brutal qu'il ne permettrait pas à la flore du rumen de s'adapter. En fait, seuls des apports importants de lipides dans la ration pourraient théoriquement permettre d'atteindre des concentrations en énergie de l'ordre de 1,10 UFL ou plus. Mais on connaît les effets négatifs des lipides alimentaires sur la digestibilité des autres constituants. En outre, ils n'apporteraient pas le propionate nécessaire à la synthèse du glucose dont la mamelle fait une grande consommation pour la production de lait une vache produisant 30 kg de lait a besoin de 2,3 kg de glucose par jour dont 1,5 kg pour la synthèse du lactose exporté dans le lait.

Par ailleurs, l'absorption intestinale du calcium diminue quand les quantités ingérées augmentent, ce qui rend également impossible la couverture de ce besoin par l'alimentation en début de lactation chez les fortes productrices (Sérieys, 1997). En début de lactation, la mobilisation des réserves corporelles représente 100 à 300 UFL sur 3 mois. Il faut en tenir compte dans le rationnement et augmenter progressivement la quantité de concentrés (2 kg par semaine après le vêlage) pour atteindre l'équilibre énergétique en fin de troisième mois de lactation (Cauty et Perreau, 2009).

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 3.

Cycle de la production du lait

La naissance du veau marque le début du cycle de lactation de la vache, dont elle se met à produire du lait juste après la première semaine de la mise-bas, et évolue au cours de sa lactation, ces variations journalières ou mensuelles sont exprimées graphiquement sous forme d'une courbe (figure 02) qui décrit le volume du lait en fonction du temps c'est la courbe de la lactation (Masselin et al, 1987). Selon Boudjenane (2010), la courbe de lactation décrit l'évolution de la production laitière de la vache depuis le vêlage jusqu'au tarissement.

1. Description du cycle de lactation

La production laitière d'une vache augmente progressivement du vêlage jusqu'au pic de lactation (phase ascendante), puis diminue lentement jusqu'au tarissement (phase descendante). Le tarissement (arrêt de la lactation) indique le début d'une période sèche de deux mois, préparatoire pour un nouveau vêlage (Soltner, 2001) (figure 03).

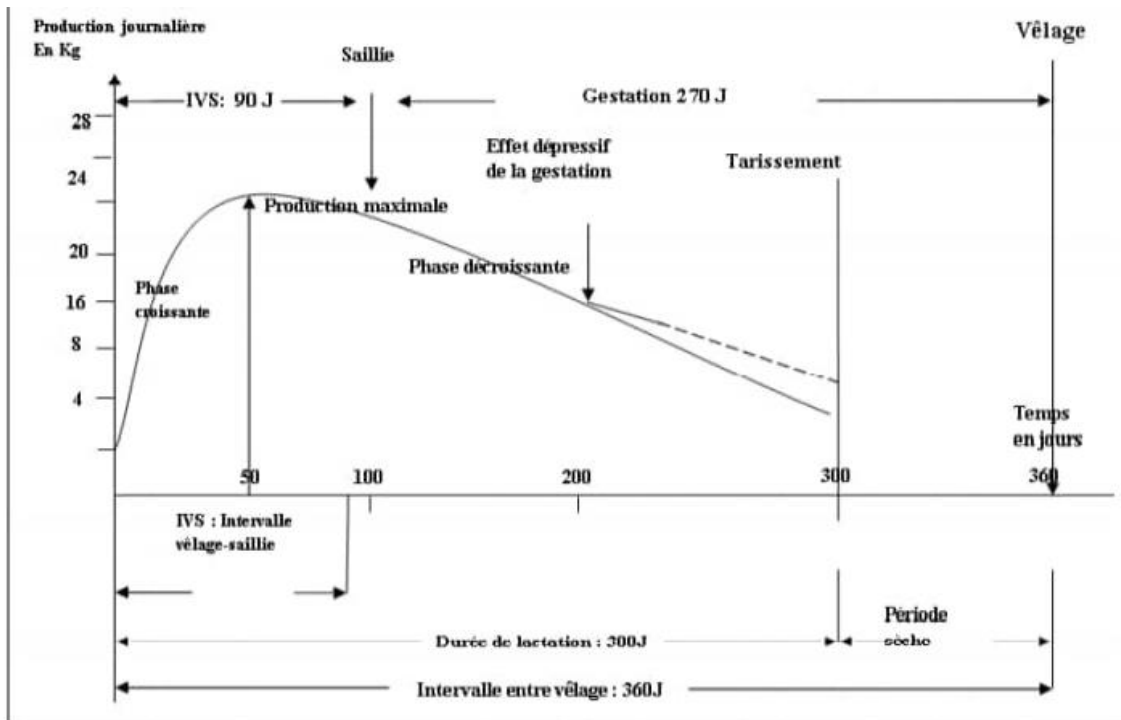


Figure 03. Courbe théorique de la lactation de la vache laitière (Soltner, 2001).

1.1. Phases du cycle de lactation

1.1.1. Phase ascendante (ou croissante)

Cette phase débute après le vêlage, avec une sécrétion de colostrum pendant 4 à 5 jours, puis la production journalière augmente rapidement jusqu'au pic de lactation. Ce pic est atteint vers la troisième et quatrième semaine pour les fortes productrices et vers la 4^{ème} et la 5^{ème} semaine chez les faible productrices (Gadoud et al, 1992). Selon Decean et al 1970, les deux premiers mois de la lactation sont la période la plus intéressante durant le cycle de production du lait, à partir du cinquième jours de la lactation et durant deux semaines, le lait augmente très rapidement avec une moyenne de 66g/jour.

1.1.2. Phase plateau (le pic et la persistance de la lactation)

Le pic est le point où la vache produit le maximum du lait durant sa lactation, selon (Boujenane, 2010) le pic de lactation est un élément important pour gérer la production laitière du cheptel, lorsqu'il augmente d'un kg, la quantité du lait totale par lactation augmente de 200 à 300kg. Selon (Hanzen, 2008) cette phase dure en moyenne 4 semaines. Cette phase est critique du fait qu'elle se caractérise par des besoins de production très élevés face à une capacité d'ingestion faible, un plan de rationnement sera primordial.

1.1.3. Phase descendante (ou de croissante)

C'est la plus longue, elle débute après la phase de persistance et s'étale jusqu'au 7^{ème} mois de gestation. Durant cette période la production laitière diminue plus ou moins régulièrement (Gadoud et al, 1992) selon un coefficient de persistance estimé à 4-6% d'un mois à l'autre (Craplet et Thibier, 1973). La régression est sous l'effet dépressif de la gestation (Soltner, 2001).

1.1.4. Phase de tarissement (période sèche)

En élevage intensif, l'arrêt de la lactation doit être brusque pour les vaches laitières, et progressif pour les vaches allaitantes. La période sèche correspond aux deux derniers mois de lactation (Hanzen, 2008 ; Soltner, 2001). C'est une période critique caractérisée par la reconstitution des réserves corporelles et l'involution mammaire de la vache, donc nécessitant un plan de rationnement spécifique.

1.2. Caractéristique de la courbe de lactation

La courbe de lactation se caractérise par un certain nombre de paramètres :

- a) La durée (D) : définie par l'intervalle mise bas-tarissement et correspond à 300j (10 mois) ;
- b) La production totale (PLT) : très variable selon les races, les systèmes d'élevage et le niveau d'intensification. Elle varie de moins de 2 000 à plus de 10 000 litres de lait par an, soit une production journalière de moins de 6 litres à plus de 35 litres par jour de lactation (Soltner, 2001) ;
- c) La production initiale (PL_i) : estimée par la moyenne des productions des 4^{ème}, 5^{ème}, 6^{ème} jour de lactation (Decaen et al, 1970 ; Hoden, 1978) ;
- d) La pente de courbe au cours de la phase descendante, encore appelée coefficient de persistance : est le pourcentage entre la production à un mois donné et celle du mois précédent (Soltner, 2001) ;
- e) L'intervalle vêlage-saillie fécondante (IVS) : pour que l'élevage ait eu lieu tous les ans, il faut que cet intervalle soit en moyenne de 3mois. L'action dépressive de la nouvelle gestation sur la production laitière se fait sentir aux environs du 4^{ème} mois de gestation (Soltner, 2001).

2. Facteurs de variation de la production laitière (aspect quantitatif)

Globalement, la production laitière varie en fonction de la génétique (la race), l'alimentation, la physiologie de l'animal, et le milieu. Même nourries de la même manière, les vaches laitières ont des lactations dont le total varie avec 4 principaux facteurs : numéro d'ordre de la lactation, période de vêlage, IVS, et durée du repos mammaire :

- Numéro d'ordre de la lactation (ou rang de la lactation) : le développement mammaire chez la génisse se poursuit au cours de ses premières lactations, ce développement est maximum vers la 3^{ème} ou 4^{ème} lactation. La production commence à diminuer à partir de la 5^{ème} lactation avec le vieillissement du tissu mammaire (Ousseina, 2004). Selon (Soltner, 2001), elle diminue à partir de la 6^{ème} ou 7^{ème} lactation.

Un vêlage précoce (30 mois par exemple) peut se répercuter sur les lactations ultérieures (Soltner, 2001).

L'âge au première vêlage est généralement associé au poids corporel qui doit être d'environ 60 à 70% du poids adulte et au développement général lors de la première saillie. La diminution du poids de la vache laitière au vêlage entraînerait la diminution de la production laitière en première lactation (Wolter, 1994).

La production augmente de façon significative avec l'âge des animaux, surtout entre les deux premières lactations. Ainsi, entre la première lactation et la deuxième d'une part, et entre la première et la quatrième d'autre part, la production initiale augmente respectivement de 5,8 et 9,1kg de lait et la production maximum de 6,1 et 10,8 kg (Journet et Hoden, 1978).

- Période de vêlage : la saison intervient sur la production par l'intermédiaire de la durée de jours (Philips et Schofield, 1989 ; Stanisiewski et al, 1985).

Selon (Decean et al, 1965 ; Agabriel et al, 1990 et Soltner, 2001), la production de lait suivant un vêlage de fin d'hiver-printemps est plus élevée que celles suivant les vêlages d'été-automne à cause de la mise à l'herbe en pleine de production. De même, le pic évolue selon la saison, il atteint le minimum en été, puis il augmente en automne et en hiver pour atteindre son maximum en printemps (Decean et al, 1965).

- L'intervalle vêlage-saillie (IVS) : pour assurer un veau par an et une production laitière maximale, la saillie fécondante doit intervenir au 3^{ème} mois de lactation. Le non-retour en chaleurs marque le début de la gestation, les œstrogènes produits par le placenta inhibent la sécrétion de la prolactine et en résulte une diminution de la production. Plus on retarde la date de nouvelle fécondation, plus la production totale est augmentée et cela retarde plus la lactation suivante (Soltner, 2001).

- Durée du repos mammaire : si la vache vèle à nouveau sans avoir été tarie ; elle n'a pu reconstituer ces réserves et la nouvelle lactation en souffrira. Cette période se caractérise par l'anabolisme de gestation (aptitude spécifique de la vache pour accumuler ses réserves dans le colostrum). Donc la durée idéale de tarissement est de 2mois (Soltner, 2001).

- Facteurs du milieu : selon (West, 2003), le stress thermique a une influence sur la production laitière et sur le gain de poids. Il indique qu'au-delà du seuil du confort thermique ($+18^{\circ}\text{C}$), la production laitière chute d'une manière significative, et s'aggrave au fur et à mesure que la température augmente et dépasse (27°C), de même pour les températures inférieures à la température critique basse ($< 4^{\circ}\text{C}$).

- Facteurs sanitaires : (Dematawewa et al, 1997 ; Tenhagen et al, 2007) ont indiqués que les dystocies et ses complications (rétention placentaire, métrites,...) pouvant avoir des effets sur la production laitière, sont observés principalement pendant les 60 premières jours de la lactation.

(Raizman et Santos, 2002), ont montré que les vaches ayant des problèmes de déplacement gauche de la caillette avaient une baisse de production laitière surtout durant les quatre premiers mois de lactation.

Les mammites sont responsables aussi d'une réduction de la production laitière. Cette réduction est plus accentuée lors des mammites sub-cliniques que lors des mammites clinique (Matallah et al, 2002), elle est aussi plus importante chez les multipares que chez les primipares (Lucey et Rawlands, 1984).

3. Facteurs de variation du taux de matière grasse (TB) et du taux des protéines (TP) dans le lait

L'Alimentation joue un rôle prédominant sur la production ainsi que sur la composition chimique du lait peuvent varier selon la nature d'aliment fourrage ou concentré. (Araba, 2006) considère l'alimentation comme étant un facteur jouant un rôle majeur dans la variation de la qualité physico-chimique du lait.

3.1. Variation du taux butyreux (TB)

Les matières grasses sont présentes dans le lait sous forme d'une émulsion de globules gras. La teneur en matières grasses du lait est appelée Taux butyreux (TB). Le taux butyreux du lait de vache (35 à 45 g/kg) varie en fonction de :

- La race de la vache : le lait de la Montbéliarde est plus riche que celui des Prim' Holstein ;

- Le stade de lactation : au cours d'une lactation, le taux butyreux varie en sens inverse de la quantité journalière de lait produit. C'est au pic de lactation, en début de lactation que le taux butyreux est le plus faible.
- La traite : le lait de fin de traite est 4 à 5 fois plus riche en MG que le lait de début de traite. En cas d'intervalles de traite inégaux, le meilleur TB sera obtenu après l'intervalle le plus court. La teneur en matières grasses augmente avec la réduction de l'intervalle entre les traites.
- La photopériode : le taux butyreux est plus faible en été (lors des jours longs).
- L'alimentation : les aliments riches en sucres simples (betteraves, mélasse, lactosérum, ensilage de maïs) augmentent la production ruminale de butyrate, ce qui est favorable à de bons taux butyreux. Ces aliments ne doivent pas être distribués en excès, ce qui provoquerait une acidose (Aouameur, 2018).

3.2. Variation du taux protéique (TP)

Le TP est une caractéristique importante du lait, plus il sera élevé par rapport à une référence et plus le lait sera payé cher au producteur. En effet, plus le taux protéique est élevé et plus le rendement de transformation fromagère sera bon (Aouameur, 2018).

Le taux protéique varie en fonction de la race, l'individu et le stade de lactation. Les différences entre individus sont réelles d'où la possibilité de sélection des reproducteurs mâles et femelles donnant des descendants au lait plus ou moins riches en matières grasses ou en matières azotées (Soltner, 2001).

L'alimentation est le facteur le plus important ; si les besoins énergétiques de l'animal ne sont pas couverts, il y aura une diminution du TP.

Une sous-alimentation totale ou protéique provoque une chute du TP en plus d'une chute de la production laitière. Chez la vache laitière, si la ration est riche en énergie, la synthèse protéique est stimulée. Par contre, un excès de protéines alimentaires n'augmente pas le TP mais augmente le taux d'azote non protéique en particulier le taux d'urée.

Le taux d'urée du lait est identique à celui du sang de la vache et peut être utilisé comme un indicateur d'une sur-nutrition protéique (Aouameur, 2018).

CONCLUSION

Conclusion

La présente synthèse bibliographique avait comme objectif l'étude des facteurs de variation de la production laitière, ainsi que l'effet de l'alimentation sur cette dernière. En fait, nous pouvons affirmer que la faiblesse de production laitière résulte de la mauvaise utilisation de l'alimentation fourragère, les déséquilibres alimentaires et la non maîtrise de rationnement.

A la lumière de ces données, il est recommandé d'orienter les recherches sur la conduite de l'alimentation, la recherche de sources d'aliments de valeur à moindre coût, de créer des organismes spécialisés et des centres pour les éleveurs de bovins laitiers visant à encadrer et de fournir les différentes techniques pour améliorer la conduite au sein des élevages et la filière lait.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

-
- Abdelguerfi A, Ramdane S.A, 2003. Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture, recueil des communications, tome x, Projet ALG/97/G31, Plan d'Action et Stratégie Nationale sur la Biodiversité, MATE GEF/PNUD.
- Agabriel G, Coulon J.B, Marty G, Cheneau N, 1990. Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache Etude dans des exploitations du Puy-de-Dome.
- Amellal R, 1995. La filière lait en Algérie: entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance. In Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000. Options Méditerranéennes: Série B. Etudes et Recherches; n. 14, pages 229- 238
- Aouameur Kh, 2018. Effets de la pratique d'élevage sur la variation de la fromageabilité du lait cru de la ferme expérimentale de Hassi-Mamèche.
- Araba A, 2006. Conduite alimentaire de la vache laitière, transfert de technologie en agriculture 136, 4 p.
- Ba Diao M, Dieng A, Seck M.M., Ngomibé R.C, 2006. Pratiques alimentaires et productivité des femelles laitières en zone périurbaine de Dakar. Rev. Elev. Méd. vét. Pays Trop., 59 (1-4) : 43-49.
- Baumont R, Aufrere J, Meschy F, 2009. La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation, INRA Unité de Recherches sur les Herbivores, F-63122 Saint-Genès Champanelle ; baumont@clermont.inra.fr, INRA Agro Paris Tech, UMR Physiologie de la Nutrition et Alimentation, 16, rue Claude Bernard, F 75231 Paris 05
- Baumont R, Champciaux P, Agabriel J, Andrieu J, Aufrère J, Michalet-Doreau B, Demarquilly C, 1999. Une démarche intégrée pour prévoir la valeur des aliments pour les ruminants: Prév Alim pour INRA tion. INRA Prod. Anim., V.12, (1999), 183 194. <http://www.inra.fr/internet/Produits/PA/an1999/tap1999/baumont993.pdf>
- Belaid D, 2016. L'élevage bovin laitier en Algérie, collection dossiers Agronomiques.
-

Belkheir B, Kalli S, Saadaoui M, Ait Amokhtar S, Benidir M., Bitam A, , Benmebarek A, 2018. Éléments d'enquête générale sur la filière lait en Algérie, Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA). Algérie, See discussions, stats, and author profiles for this publication at:

<https://www.researchgate.net/publication/327106932>

Bencharif A, 2001. Stratégies des acteurs de la filière lait en Algérie: états des lieux et problématiques. In Les filières et marchés du lait et dérivés en Méditerranée: état des lieux, problématique et méthodologie pour la recherche, Options Méditerranéennes: Série B. Etudes et Recherches; N. 32, pages 25- 45.

Bonnier P, Maas A, Rijks J, 2004. Agrodok 14, l'élevage des vaches laitières, fondation Agromisa, Wageningen, 2004, ISBN 90-77073-76-0, NUGI 835, p16, 27.

Bouhamida M, 2014. Conduite de l'élevage bovin laitier dans la région de Ghardaia

Boujenane, 2010. La courbe de lactation des vaches laitières et ses utilisations File : L'Espace Vétérinaire N° 92.

Cauty I., Perreau M., 2009. La conduite du troupeau bovin laitier, 2^e édition, édition France agricole, ISBN: 978-285557-165-2, p136, 137.

CFCE, 2002. Centre Français de commerce extérieur.

CIRAD-GRET, 2006. Centre de coopération Internationale en recherche agronomique pour le développement, groupe de recherche et d'échanges technologiques, Mémento de l'Agronome.

Craplet C, Thibier M, 1973. La vache laitière : reproduction, génétique, alimentation, habitat, grandes maladies, Vol. 5, 2nd Edition Vigot Frères, Paris.

Croisier M, Croisier Y, 2012. Alimentation animale: raisonnement de l'alimentation des animaux d'élevage.

Cuvelier Ch, Dufrasne I, 2002. L'Alimentation de la vache laitière : Aliments, calculs de ration, indicateurs d'évaluation des déséquilibres de la ration et pathologies d'origine nutritionnelle. Université de liège. P.105.

-
- Cuvelier Ch, 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 nutritionnelle, Université de Liège, P15.
- Decaen C, Calomiti S, Poutous M, 1970. Evolution de la production laitière de la vache au cours des deux premiers mois de la lactation. II. Analyse de la variation de la quantité de lait. Ann. Zootech., 19, 205-221.
- Decaen C, Poutous M, 1965. Phase ascendante de la courbe de lactation chez la vache laitière. Ann. zootech, 14(2), 135-143.
- Decaen C, Journet M, Poutous M, 1970. Evolution de la production laitière de la vache au cours des deux premiers mois de lactation. Ann. zoot., 19 (2),191-203.
- Delteil L, Brechet C, Fournier E, Leborgne M, 2004. Tome1, 3^{ème} édition, ISBN 978-2-84444-885-9.
- Demarquilly C., Dulphy J.P., Andrieu J.P., 1998. Valeurs nutritive et alimentaire des fourrages selon les techniques de conservation: foin, ensilage, enrubannage, fourrage (1998)155, 349-369.
- Demarquilly C., Faverdin P., Geay Y., Vérité R. et Vermorel M., 1996. Bases rationnelles de l'alimentation des ruminants. INRA Prod. Anim, hors série1996, 71 80.
- Dematawewa C.M.B., Berger P.J., 1997. Effect of dystocia on yield, fertility, and cow loss an economic evaluation of dystocia scores for Holsteins. J. Dairy Sci 80:754-761.
- Diets[®] Focus on Forage(University of Wisconsin), Vol 8: No. 1, (2006), pp 1-3.
- Drogoul C., Gadoud R., Joseph M.M., Jussiau R., Lisberney M.J., Mangeol B., Montmeas L., Tarrit A., 2004. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage, Tome 2, deuxième édition, ISBN 2-84444-347-8, p96.
- Dudouet C., 2010. La production des bovins allaitants, p 229.
- Eddebarh A., 1989. Systèmes extensifs d'élevage bovin laitier en Méditerranée .In Le lait dans la région méditerranéenne. Options Méditerranéennes, Série A, Séminaires Méditerranéens n°6, 123-133.
- Enevoldsen C., Kristensen T., 1997. Estimation of body weight from body size measurement and body condition scores in dairy cows J., Dairy Sci., 80: 1988-1995.
-

-
- Enjalbert F., 2003. Alimentation de la vache laitière les contraintes nutritionnelles autour du vêlage. Point vét / N 23:40-44.
- Faverdin P., Delaby L., Delagarde R., 2007. L'ingestion d'aliments par les vaches laitières et sa prévision au cours de la lactation. INRA, Agrocampus, UMR1080 Production du lait, F-35590 Saint-Gilles, France, Courriel: Philippe.Faverdin@rennes.inra.fr. INRA Prod. Anim., 2007, 20 (2), 151-162
- Ferrah A., 2000. L'élevage bovin laitier en Algérie problématique, questions et hypothèses de recherche. Institut technique des élevages, département systèmes et filières d'élevage. BP n.2, Oued el kerma, Birkhadme, Alger, Algérie.
- Foughali A.A., Ziam H., Agag S., Medrouh B., Elgroud R., 2019. Caractérisation des exploitations laitières dans trois communes de Constantine, à l'Est algérien. Institut des Sciences Vétérinaires, Université Saad Dahlab, Blida, Algérie ,2 Institut des Sciences Vétérinaires, Université des frères Mentouri, Constantine, Algérie, Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, www.agrimaroc.org , Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (2019) 7(3): 426-432
- Gadoud R., Joseph M.M., Jussiau R., Lisberney M.J., Mangeol B., Montmeas L., Tarrit A., Danvy J.L., Drogoul C., Soyer B., 1992. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage, collection INRA. Editions Foucher, 10-17p.
- Guerra L., 2007. Contribution à la connaissance des systèmes d'élevage bovin. Mémoire
- Hanzen CH., 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, 49 p.
- Hoden A., 1978. Rationnement au début de la lactation. In : La vache laitière, 71-85, Ed. INRA Puplication. Route de Saint-Cyr, 78000 Versailles, Franc
- Hoden A., Coulon J-B. et Faverdin Ph., 1988. Influence de la production laitière sur les besoins et la capacité d'ingestion. In Alimentation des bovins, ovins et caprins, - Paris : INRA Editions, 476p.
-

-
- INRA, 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux, valeurs des aliments, mise à jour 2010. Editions Quæ, c/o inra, rd 10, ISBN: 978-2-7592-0874-6, ISSN: 1952-2770, p8.
- Institut de Développement de L'Elevage Bovin, 1983. Le rationnement de la vache laitière.
- Institut de l'élevage, 2010. Guide pratique de l'alimentation du troupeau bovin laitier. Edition Quæ. 25 p.
- ITELV (Institut technique de l'élevage en Algérie), 2016. L'Agriculture: 50 ans
- Jarrige R., 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Paris : INRA Editions, 476p.
- Journet M., Hoden, 1978. La vache laitière ; aspects, génétique, alimentaire et pathologique .86P.
- Kadi A., 2007. Alimentation de la vache laitière : étude dans quelques élevages d'Algérie. Science des productions animales. Université SAAD DAHLAB de Blida.
- Leborgne M.C., Brechet C., Delteil L., Fournier E., 2004. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage, Tome 2, troisième édition, p129, 142, 143.
- Lucey S., Rawlands G. J., 1984. The association between clinical mastitis and milk yield in dairy cows. Anim. Prod, 39, 165-175.
- Masselin S., Sauvart D., Chapoutot P., Milan D., 1987. Ann. Zootech., 36, 171-206
- Mauries M., 2003. Luzerne: culture, récolte, conservation, utilisation, Edition France Agricole ISBN 2-85557-085-9, p 123.
- Mauries M., Allard G., 1998. Produire du lait biologique, réussir la transition, groupe France agricole, 8 cité paradis, 75493 Paris cedex 10.
- Meyer C., Denis J.P., 1999. Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Ed: CIRAD, 314P.
- Matallah B., Oubey Z. et Hammami H., 2002. Estimation des pertes de production en lait et des facteurs de risque des mammites sub-clinique à partir des numérations cellulaires de lait de tank en élevage bovin laitier. Revue. Méd. Vét, 153, 251-260.
-

-
- Mouffok C., 2007. Diversité des systèmes d'élevage bovin laitier et performances animales en région semi-aride de Sétif. Mémoire de Magister en sciences animales. Institut national agronomique INA, Alger.
- Nedjraoui D., 2001. Profil fourrager. Edition INRA (Alger), 37p.
- Ousseina S., 2004. Influence de la production laitière sur l'évolution pondérale des vaches et des veaux. Mémoire. De diplôme d'étude approfondie de production animal, université cheik antadiop de DAKAR.13-14P.
- Philips C.J.C., Schofield S A., 1989. The effect of supplementary light on the production and behavior of dairy cows. Anim. Prod, 48, 293-303.
- Raizman E. A., Santos J. E.P., 2002. The effect of left displacement of abomasums corrected by Toggle- Pin Suture on Lactation, Reproduction, and Health of Holstein Dairy Cows.
- Sauvant D., 2004. Principes généraux de l'alimentation animale, Institut National Agronomique Paris-Grignon, p19.
- Sérieys F., 1997. Le tarissement des vaches laitières, une période-clé pour la sante, la production et la rentabilité du troupeau, Edition France Agricole, p 69, 207.
- Soltner D., 2001. Zootechnie générale, Tome I : La reproduction des animaux d'élevage. Edition Sciences et Technique Agricole, 224 p.
- Stanisiewski E.P., Mellenberger R.W., Anderson C.R., Tucker H.A., 1985. Effect of photoperiod on milk yield and milk fat in commercial dairy herds. J. Dairy Sci., 68, 1134-1140.
- Tenhagen B. A., Helmbold A., Heuwieser W., 2007. Effect of various degrees of dystocia in dairy cattle on calf variability, milk production, fertility and culling. J. Vet. Med. 54, 98-102.
- Vignau-Loustau L., Huyghe C., 2005. Stratégies fourragères, groupe France agricole 8, cité Paradis, 75010 Paris, p 96
-

West, 2003. Effet de heat-stress on production in dairy cattle, 86eme Ed, dairy, 2131-2144P.

Wolter R., 1992. Alimentation de la vache laitière – Paris : Editions France Agricole, 1^{ère} éd., 224 p. – (Collection Mieux produire).

Wolter R., 1994. Alimentation de la vache laitière, Ed. France agricole, Paris.219p.

Wolter R., 1997. Alimentation de la vache laitière, Edition France Agricole, Paris, 251p.
