

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA  
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE  
DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Réf : ...../UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/20

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME MASTER

**Domaine** : SNV    **Filière** : Sciences Agronomiques

**Spécialité** : Production et Nutrition Animale

Présenté par :

MOUSSOUNI Khadidja & REZKI Yasmine

### *Thème*

*L'alimentation de la vache laitière ; Conception et développement d'une application de rationnement*

**Soutenu le** : 04/ 07 / 2023

**Devant le jury composé de :**

*Nom et Prénom*

*Grade*

Dr ARAB Amar

MCA

Univ.de Bouira

Président

Dr DOUMANDJI Wafaa

MCA

Univ.de Bouira

Examinatrice

Dr ABDELLI Amine

MCA

Univ.de Bouira

Promoteur

**Année Universitaire** : 2022/2023

# **Remerciements**

## **Remerciements**

*Avant tout, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir aidés et de nous avoir donné la foi et la force pour achever ce modeste travail.*

*Nous exprimons notre profonde gratitude à notre promoteur **Dr ABDELLI AMINE**, de nous avoir encadrés avec sa cordialité franche et coutumière, on le remercié pour sa patience et sa gentillesse, pour ces conseils et ces orientations clairvoyantes qui nous ont guidé dans la réalisation de ce travail.*

### **Chaleureux remerciement.**

***DR MIGUEL ELIAS**, nous vous sommes extrêmement reconnaissants pour votre contribution à la création et au développement de cette application. Votre expertise en informatique, votre passion pour l'innovation technologique et votre dévouement à nous aider ont été inestimables. Vos compétences techniques ont permis de donner vie à cette idée et de la transformer en une application fonctionnelle et utile pour les éleveurs.*

*Votre soutien et votre engagement ont dépassé nos attentes, et nous sommes conscients du temps et de l'énergie que vous avez consacrés à ce projet de manière bénévole. Votre générosité et votre volonté de partager vos connaissances ont eu un impact significatif sur notre réussite.*

### **Chaleureux remerciement.**

*Nous sommes fiers du travail que nous avons accompli ensemble grâce à votre précieuse expertise. Votre contribution a été essentielle pour nous permettre d'atteindre nos objectifs et de réaliser notre vision.*

*Encore une fois, nous tenons à vous remercier **Dr ABDELLI. Dr ELIAS**. du fond du cœur pour votre soutien indéfectible, votre confiance en nous et votre passion pour ce projet. Votre influence positive restera gravée dans notre mémoire, et nous espérons avoir l'occasion de collaborer à nouveau dans le futur.*

*Nous remercions :*

*Dr ARAB Amar De nous avoir fait l'honneur de présider notre travail.*

*Dr DOUMANDJI Wafaa D'avoir accepté d'évaluer et d'examiner notre projet.*

*Nous saisissons cette occasion pour exprimer notre profonde gratitude à l'ensemble des enseignants de département agronomie / Université de Bouira*

*Nous adressons nos sincères remerciements à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*Avec notre gratitude sincère,*

*Khadija Moussouni /Rezki Yasmine*

# **Dédicace**



## *Dédicace*

*A mes chères parents Mohammed et Aouda*

*Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.*

*A ma seule sœur **Amina***

*Merci d'être toujours à mes côtés.*

*Merci à tous mes frères, que DIEU les préserve.*

*Mes chères amies ; **Yasmine** et **LILI** pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.*

*Merci à vous tous...*

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible.*

*Merci d'être toujours là pour moi. Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.*

*Merci infiniment*



*Khadija Moussouni.*



## Dédicace

*Dédiée avec un amour profond et un respect infini, cette humble réalisation est dédiée à ma mère bien-aimée, **MESSAD**, qui s'est sacrifiée pour moi et mérite toute ma reconnaissance.*

*À mon cher père, **AHMED**, qui m'a tout donné sans hésitation, je prie que Dieu m'aide à lui rendre ce qu'il mérite et le protège.*

*À mes chers frères, **ALI** et **HAMZA**, et mes sœurs, **WIZA** et **NACERA**, je vous suis reconnaissant pour votre soutien constant tout au long de mes études,*

*Mes chères amies, **Lili**, **Majda**, **Khadidja**, des personnes rares par leur gentillesse, leur tendresse et leur grand cœur.*

*Merci d'avoir été là durant ces dernières années, et j'espère que les années à venir seront aussi remplies de bonheur que celles que nous avons passées ensemble.*

*Merci pour tout.*

**REZKI Yasmine...**



# Liste des Tableaux



- **Liste des Tableaux**

<b>Tableaux</b>	<b>Index</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau 01</b>	les besoins nutritifs de la vache laitière	<b>23</b>
<b>Tableau 02</b>	Niveau adulte lactation 305 jr par race-année 2015	<b>27</b>
<b>Tableau 03</b>	Teneurs recommandées des rations des vaches laitières en énergie; en azote et en fibres selon le cycle de production	<b>31</b>

# Liste des Figures

- **Liste des figures**

<b>Figures</b>	<b>Index</b>	<b>Pages</b>
<b>Figure 01</b>	Description et fonctions des principaux de tube digestif d'une vache	<b>16</b>
<b>Figure 02</b>	Les caractéristiques de l'animale et de la ration et leur relation	<b>18</b>
<b>Figure 03</b>	Evolution des proportion des acides gras en fonction de PH ruminale	<b>20</b>
<b>Figure 04</b>	Schéma simplifiés de la digestion des glucides, des lipides et des matières azotée chez le ruminant	<b>21</b>
<b>Figure 05</b>	Influence de rapport d'aliments concentré sur la composition moyenne du lait	<b>28</b>
<b>Figure 06</b>	Évolution de l'équilibre énergétique, de la production laitière, de l'ingestion et du poids vif durant les phases de cycle de lactation de la vache laitière.	<b>29</b>
<b>Figure 07</b>	Evolution du niveau alimentaire en début de lactation	<b>30</b>
<b>Figure 08</b>	Schéma simplifiés des différentes étapes de calcul des rations de vaches en plein lactation	<b>34</b>
<b>Figure 09</b>	Évolution de l'équilibre énergétique, de la production laitière, de l'ingestion et du poids vif durant les phases du cycle de lactation de la vache laitière.	<b>37</b>
<b>Figure 10</b>	Illustrations de la page d'accueil audit élevage pour les vaches laitières 2023	<b>68</b>
<b>Figure 11</b>	Schéma simplifiés expliquant le processus de fonctionnement de base et de la mise en marche de l'application FEED ME.	<b>81</b>
<b>Figure 12</b>	Illustration de formulaire « Ajoutez Fourrage »	<b>83</b>

# **Liste des Abréviations**

● **Liste des Abréviation**

**Index des abréviations**

AA	Acides aminés
AGV	Acide gras volatil
AMTS	Agricultural modeling and training systems
Ca	Calcium
CCT	Custom content type
CDN	Content Delivery Network
CMS	Content Management System
CMV	Complexe minéralo vitaminique
CNCPS	The Cornell Net Carbohydrate and Protein System
ENL	Energie nette de lactation
FAO	Food and Agriculture Organisation
FAQ	Foire aux questions
INRA	Institut National de la recherche
KEA	Knowledge-based Expert system for agriculture
MAC	Mélange d'aliments concentré
MAD	Matière Azotée digestible
MS	Matière sèche
NH3	Ammoniac
NRC	National research Council
P	Phosphore
PDI	Protéine digestible dans l'intestin
PDIA	protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire
PDIE	Les protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergie
PDIM	protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne
PDIN	Protéine digestible dans l'intestin permises par l'azote
UEL	Unité d'énergie de lait
UF	Unité Fourragère
UFL	Unité Fourragère lait
UFN	Unité Fourragère nécessaire
UFV	Unité Fourragère viande
UL	Unité laitière

UNT	Unité nutritives totales
VL	Vache laitière

# **Table des matières**

# Table des matières

Remerciements .....	2
Dédicace.....	5
Liste des Tableaux.....	8
Liste des Figures .....	10
Liste des Abréviations.....	12
Introduction .....	1
chapitre 01.....	3
<b>1. Principes de l'alimentation des vaches laitières .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. Les besoins nutritionnels des vaches laitières .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Les sources d'alimentation des vaches laitières .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3. La formulation de la ration alimentaire .....</b>	<b>5</b>
<b>1.4. Les techniques d'alimentation pour les vaches laitières .....</b>	<b>5</b>
<b>1.5. La gestion alimentaire .....</b>	<b>6</b>
2. le Rôle des nutriments dans la production de lait .....	6
3. Les aliments de base pour les vaches laitières .....	9
3.1. Les fourrages.....	9
3.2. Les concentrés.....	10
3.3. Les compléments.....	10
3.4. L'importance des aliments de base pour les vaches laitières :.....	13
3.5. Besoins en nutriments spécifiques pour les vaches laitières.....	14
3.6. Une alimentation équilibrée pour les vaches laitières .....	15
4. La digestion et le contenu des aliments dans le rumen .....	15
<b>5. Besoins nutritionnels des vaches laitières .....</b>	<b>22</b>
<b>LE TYPE DE BESOINS À COUVRIR .....</b>	<b>24</b>
5.1. Les besoins en énergie : .....	25
5.2. Les besoins en protéines .....	26
<b>6. Alimentation de la vache laitière au cours de la lactation.....</b>	<b>27</b>
<b>Chapitre 02 .....</b>	<b>32</b>
<b>1. Principe du rationnement :.....</b>	<b>33</b>
<b>2. Calcul des rations : .....</b>	<b>34</b>
<b>3. Le rationnement énergétique:.....</b>	<b>37</b>
3.1. Besoins énergétiques de la vache laitière: .....	37
<b>4. Le rationnement protéique :.....</b>	<b>42</b>
4.1. les techniques de rationnement protéique chez la vache laitière : .....	43
<b>5. Le rationnement minéral et vitaminique:.....</b>	<b>44</b>
5.1. les Techniques de rationnement minéral et vitaminique pour les vaches laitières: .....	45
<b>6. La prise en compte de la production laitière : .....</b>	<b>47</b>
<b>Chapitre 03 .....</b>	<b>48</b>
<b>Introduction aux outils de rationnement :.....</b>	<b>48</b>
<b>1. L'Objectif du rationnement.....</b>	<b>50</b>
<b>2. Importance de l'utilisation d'outils de rationnement .....</b>	<b>51</b>



<b>3. Les différents types d'outils de rationnement .....</b>	<b>52</b>
3.1. Rationnement manuel .....	52
3.2. Outils de rationnement assisté par ordinateur .....	55
3.3. Outils de mesure des performances .....	59
3.4. Outils de simulation .....	59
<b>4. Les différentes méthodes de rationnement .....</b>	<b>59</b>
<b>5. La ration de base et la ration ajustée .....</b>	<b>61</b>
<b>6. Les logiciels de rationnement.....</b>	<b>62</b>
6.1. Avantages des logiciels de rationnement .....	62
6.2. Critères de choix d'un logiciel de rationnement .....	63
6.3. Logiciels de rationnement et leur rôle : .....	64
<b>7. L'utilisation des tables de valeurs alimentaires.....</b>	<b>65</b>
<b>Introduction:.....</b>	<b>67</b>
<b>1. Contexte et démarche .....</b>	<b>69</b>
1.1. Revue de la littérature .....	69
<b>2. Matériels et Méthodes.....</b>	<b>71</b>
<b>A. Software .....</b>	<b>71</b>
1.Wordpress.....	71
1.1. L'utilisation de WordPress .....	73
2. Jet Engin .....	74
3. Jet Form Builder.....	76
<b>B. Méthodes .....</b>	<b>78</b>
<b>3. Description des Formulaire Fourrage et concentré : .....</b>	<b>82</b>
<b>4. Collecte de données .....</b>	<b>84</b>
<b>5. Rationnement.....</b>	<b>85</b>
<b>6. Les avantages .....</b>	<b>95</b>
<b>7. Recommandations.....</b>	<b>96</b>
<b>Références .....</b>	<b>100</b>
<b>Résumé.....</b>	<b>114</b>

## **Introduction**

L'élevage laitier joue un rôle essentiel dans la production alimentaire en fournissant des produits laitiers de grande importance pour la consommation humaine. Pour garantir une production laitière optimale, il est crucial de fournir aux vaches laitières une alimentation adéquate et équilibrée, répondant à leurs besoins nutritionnels spécifiques..

Le rationnement est une approche de gestion de l'alimentation qui permet de déterminer les quantités et les types d'aliments à fournir aux vaches laitières, en fonction de leur stade de production et de leurs exigences nutritionnelles. Cette méthode vise à optimiser la production de lait, à minimiser les coûts alimentaires et à préserver la santé et le bien-être des animaux. **(Rook *et al*, 2000)**.

Cependant, le rationnement est une pratique complexe qui nécessite une connaissance approfondie des besoins nutritionnels de la vache laitière, ainsi que des outils et des méthodes pour établir une ration équilibrée. La recherche dans ce domaine est donc cruciale pour améliorer les pratiques d'alimentation des vaches laitières et maximiser leur production laitière.

Au fil des décennies, de nombreuses avancées ont été réalisées dans le domaine du rationnement des vaches laitières. Des recherches scientifiques approfondies ont été menées pour comprendre les besoins nutritionnels spécifiques des vaches laitières et pour développer des outils de rationnement efficaces. Les chercheurs ont exploré différentes approches, des méthodes traditionnelles basées sur l'expérience empirique aux approches plus sophistiquées utilisant des technologies et des modèles de prédiction. **(Van Amburgh *et al*, 2001)**.

Cette thèse se propose d'examiner de manière approfondie les outils de rationnement utilisés dans l'alimentation des vaches laitières. Elle vise à évaluer et à comparer les différentes méthodes de rationnement disponibles, en tenant compte de leurs avantages, de leurs limites et de leur applicabilité dans le contexte de l'élevage laitier moderne.

## *Introduction*

---

Dans ce contexte, notre travail a pour objectif de mettre en disposition à nos éleveurs une application de rationnement en ligne afin d'optimiser l'alimentation, d'améliorer la production laitière et de maintenir la santé globale des animaux. La finalité de ce travail un outil simple afin d'optimiser l'alimentation au sein de nos élevages laitiers et augmenter le rendement laitier.

Pour atteindre cet objectif, cette étude se compose de trois chapitres. Le premier chapitre fournit une vue d'ensemble de l'alimentation générale des vaches laitières. Le deuxième chapitre se concentre sur le rationnement chez la vache laitière. Le troisième chapitre aborde les outils de rationnement chez la vache laitière.

# **chapitre 01**

---

## Chapitre I : Généralité sur l'alimentation de la vache laitière

L'alimentation des vaches laitières est un élément essentiel pour assurer une production laitière optimale. Une alimentation adéquate permet de fournir à la vache tous les nutriments nécessaires à la production de lait, à la reproduction et au maintien de sa santé. (Lammers *et al*, 2010).

Bien que l'alimentation des vaches laitières puisse sembler complexe, il est essentiel pour les éleveurs de bien comprendre les principes de base pour maximiser la production de lait et maintenir la santé et le bien-être de leurs animaux. (Lammers *et al*, 2010).

### 1. Principes de l'alimentation des vaches laitières

Les vaches laitières sont des animaux qui ont des besoins nutritionnels spécifiques pour produire du lait en quantité et qualité suffisantes. L'alimentation est un élément clé pour assurer une production laitière optimale. Dans ce contexte, ce point de chapitre vise à présenter les principes de base de l'alimentation des vaches laitières.

L'alimentation des vaches laitières doit répondre aux besoins nutritionnels de l'animal, pour maintenir sa santé et son bien-être tout en maximisant sa production laitière. (Rulquin *et al*, 2019). Elle doit également être équilibrée en termes de quantité et de qualité des nutriments, pour répondre aux besoins de l'animal en fonction de son stade de lactation, de son poids et de sa génétique. (Tamminga *et al*, 1994).

L'objectif de l'alimentation des vaches laitières est de fournir une source d'énergie suffisante pour couvrir les besoins en maintenance de l'animal, ainsi que pour produire du lait. Pour atteindre cet objectif, l'alimentation doit être constituée de sources d'énergie, de protéines, de minéraux et de vitamines, en quantités appropriées. (Bauman et Currie, 1980).

Il est important de fournir des aliments de qualité aux vaches laitières pour maintenir une bonne santé. Les aliments doivent être exempts de contaminants et de substances toxiques qui pourraient nuire à la santé de l'animal ou de l'homme. (Vander *et al*, 2002). Les aliments doivent également être adaptés aux besoins physiologiques de

la vache laitière en termes de texture, de goût et de consistance (**DeVries et Beauchemin, 2007**). L'âge de la vache laitière et son stade de lactation sont également des facteurs importants à considérer lors de l'alimentation.

Les vaches laitières plus âgées ont besoin d'une alimentation plus riche en protéines que les vaches plus jeunes. (**Van Amburgh et al, 2015**).

De plus, les besoins en nutriments varient en fonction du stade de lactation de la vache laitière. Les besoins en protéines et en énergie sont plus élevés au début de la lactation, tandis que les besoins en fibres augmentent à mesure que la lactation avance (McDowell, 1992). Enfin, pour optimiser la production laitière et la santé des vaches laitières, il est important de fournir une alimentation équilibrée et adaptée à leurs besoins, tout en assurant un accès continu à de l'eau propre et fraîche. (**NRC, 2001**).

### **1.1. Les besoins nutritionnels des vaches laitières**

Les besoins nutritionnels des vaches laitières dépendent de plusieurs facteurs, tels que le poids corporel, l'âge, le niveau de production laitière, l'étape de lactation et le stade de gestation. La ration alimentaire doit donc être adaptée à ces facteurs pour répondre aux besoins spécifiques de chaque animal. Les principales classes de nutriments nécessaires pour une production laitière optimale sont les glucides, les protéines, les lipides, les minéraux et les vitamines. (**Kolver, 2003**).

Les vaches laitières ont des besoins nutritionnels spécifiques, en particulier en termes de protéines et d'énergie, pour soutenir leur production laitière élevée. En utilisant des aliments de haute qualité, en surveillant l'apport alimentaire et en ajustant les rations en fonction des besoins individuels de chaque animal, les éleveurs peuvent s'assurer que leurs vaches laitières sont en mesure de produire du lait de manière efficace et durable. (**NRC, 2001**).

Cependant, il est important de noter que l'alimentation des vaches laitières ne se limite pas seulement à l'apport alimentaire, mais qu'elle est également intégrée par de nombreux autres facteurs tels que la santé et l'environnement des animaux. Par conséquent, une approche holistique de l'alimentation et de la gestion des vaches laitières est essentielle pour garantir leur bien-être global et leur productivité. (**Lammers *et al*, 2010**).

## **1.2. Les sources d'alimentation des vaches laitières**

Les aliments pour vaches laitières peuvent être classés en deux catégories : les aliments concentrés et les aliments grossiers. Les aliments concentrés sont des sources d'énergie et de protéines, tels que les céréales, les tourteaux de soja, les graines de lin et les mélanges alimentaires commerciaux. Les aliments grossiers sont des sources de fibres, tels que le foin, la paille et le fourrage. Les aliments grossiers sont nécessaires pour stimuler la rumination, qui est importante pour la digestion et la santé de la vache. (**Hristov *et al*, 2002**).

Les vaches laitières ont des besoins nutritionnels spécifiques qui doivent être satisfaits pour maintenir leur production laitière et leur santé. (**Leyva-Baca *et al*, 2020**).

Les principaux nutriments nécessaires pour une alimentation équilibrée sont :

- Les glucides : ils sont utilisés pour fournir l'énergie à la vache pour la production de lait et pour d'autres fonctions corporelles.
- Les protéines : elles sont nécessaires pour la croissance, la réparation et le maintien des tissus corporels.
- Les lipides : ils sont utilisés pour fournir de l'énergie et sont également nécessaires pour la production de lait et pour d'autres fonctions corporelles.
- Les minéraux : ils sont nécessaires pour de nombreuses fonctions corporelles, notamment la formation des os, la transmission nerveuse et la contraction musculaire.
- Les vitamines : elles sont nécessaires pour de nombreuses fonctions corporelles, notamment la croissance, la reproduction et le maintien de la santé.

### 1.3. La formulation de la ration alimentaire

La formulation de la ration alimentaire pour les vaches laitières est un processus complexe qui implique la prise en compte de nombreux facteurs tels que les besoins nutritionnels, les coûts, la disponibilité des aliments, etc. Les vaches laitières doivent recevoir une ration équilibrée en termes de teneur en énergie, protéines, fibres, minéraux et vitamines. Les outils de formulation de ration sont utilisés pour calculer les quantités optimales d'aliments à donner à chaque animal en fonction de ses besoins nutritionnels spécifiques.

Les rations alimentaires pour vaches laitières doivent être équilibrées pour répondre aux besoins nutritionnels de la vache. Les rations peuvent être fournies en utilisant diverses techniques, notamment la méthode NRC (National Research Council) et la méthode CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System). Ces méthodes de prise en compte des besoins nutritionnels de la vache en fonction de son stade de production, de son poids et de sa taille, ainsi que de la qualité des aliments disponibles. (**Baldwin *et al*, 2006**).

### 1.4. Les techniques d'alimentation pour les vaches laitières

peuvent être classées en deux catégories : l'alimentation à volonté et l'alimentation contrôlée.

- L'alimentation à volonté permet aux vaches laitières de manger à leur guise tout au long de la journée.
- L'alimentation contrôlée implique la distribution de rations déterminées à des moments spécifiques de la journée. (**Bach *et al*, 2008**).



- Les rations peuvent être fournies en utilisant diverses techniques, notamment la méthode NRC (National Research Council) et la méthode CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System). Ces méthodes de prise en compte des besoins nutritionnels de la vache en fonction de son stade de production, de son poids et de sa taille, ainsi que de la qualité des aliments disponibles. (**Baldwin et al, 2006**).

### **1.5. La gestion alimentaire**

- La gestion alimentaire pour les vaches laitières implique de nombreux aspects, tels que la gestion de la qualité des aliments, la gestion des coûts, la gestion de la distribution des rations et la gestion de la santé digestive des vaches laitières. Des pratiques de gestion recommandées sont essentielles pour assurer une production laitière optimale et une santé animale adéquate. (**Hutjens, 2018**).

- La gestion de l'alimentation des vaches laitières comprend plusieurs aspects, tels que la quantité, la qualité et la fréquence des repas, ainsi que la gestion de l'eau et des minéraux. Il est important de fournir suffisamment d'eau propre à la vache pour maintenir une bonne hydratation et assurer une production laitière optimale. Les minéraux doivent également être fournis en quantités suffisantes pour répondre aux besoins nutritionnels de la vache. (**Chase, 2016**).

## **2. le Rôle des nutriments dans la production de lait**

Le lait est l'un des aliments les plus importants et nutritifs pour les humains, il est produit par les vaches laitières grâce à une alimentation équilibrée et bien prévue. Les nutriments jouent un rôle crucial dans la production de lait. Les principaux nutriments nécessaires à la production de lait sont les glucides, les lipides, les protéines, les vitamines et les minéraux. ( **Tamminga, 2003**).

**A. Les glucides**

Les glucides, sous forme de cellulose, d'amidon et de sucres simples, sont la principale source d'énergie pour les vaches laitières. Ils sont convertis en glucose, qui est utilisé pour la synthèse du lactose, le principal glucide du lait. Un apport adéquat en glucides est crucial pour soutenir la production de lait et prévenir les troubles métaboliques chez les vaches. (Tammaing, 2003).

**B. Les lipides**

Les lipides jouent un rôle clé dans la production de lait en fournissant de l'énergie et en influençant la composition en acides gras du lait. Les acides gras insaturés, tels que les acides linoléique et linoléique, sont essentiels pour la synthèse des composants du lait, tels que les phospholipides et les triglycérides. Une alimentation équilibrée en lipides favorise une meilleure production et une meilleure qualité du lait. (Chilliard Y, 2001).

**C. Les protéines**

Sont les principaux constituants des muscles et des tissus corporels. Elles sont également nécessaires pour la production de lait, car elles contiennent les acides aminés nécessaires à la synthèse des protéines du lait. Les sources de protéines peuvent être fournies par des aliments tels que le tourteau de soja, le tourteau de colza et le tourteau de lin. (McNamara J, 2015).

**D. Les vitamines**

sont des nutriments essentiels nécessaires en petites quantités pour maintenir la santé et la croissance des vaches laitières. Les vitamines liposolubles, telles que la vitamine A et la vitamine E, sont nécessaires pour la santé de la peau et des yeux, tandis que les vitamines hydrosolubles, telles que la vitamine C et les vitamines B, sont nécessaires pour la croissance et le nécessaire. ( Puppel K, 2017).

Les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E et K) sont intégrées dans les tissus adipeux de l'animal et sont disponibles en quantités suffisantes pour répondre aux besoins de production de lait. Cependant, les vitamines hydrosolubles (vitamines B et C) doivent être consommées en quantités suffisantes pour répondre aux besoins de production de lait. ( **Puppel K, 2017**).

#### **E. Les minéraux :**

Sont également nécessaires pour la production de lait. Les minéraux tels que le calcium, le phosphore et le magnésium sont nécessaires pour la formation et la croissance des os. Le zinc, le cuivre et le fer sont nécessaires pour la synthèse de l'hémoglobine, qui transporte l'oxygène dans le corps. ( **Puppel K, 2017**).

#### **F. Les acides gras :**

Sont un autre nutriment important pour la production de lait. Les acides gras insaturés sont particulièrement importants, car ils peuvent être incorporés dans les phospholipides des membranes des cellules de la glande mammaire. Ces phospholipides aident à stabiliser les globules de graisse dans le lait et à maintenir la fluidité des membranes cellulaires. ( **Chilliard Y, 2001**).

Enfin, l'eau est le nutriment le plus important pour les vaches laitières, car elle représente 87% du lait produit. Les vaches laitières doivent avoir un accès constant à l'eau propre et fraîche pour maintenir une production laitière optimale.

En résumé, la production de lait dépend d'un apport nutritionnel équilibré et adéquat. Les nutriments clés pour la production de lait sont les protéines, les glucides, les lipides, les minéraux, les vitamines et l'eau. Un déséquilibre ou une carence en l'un de ces nutriments peut affecter négativement la production de lait chez les vaches laitières. ( **LeBlanc S, 2019**).

En conclusion, les nutriments sont très importants pour la production de lait chez les vaches laitières. Un régime alimentaire équilibré et bien proportionné est nécessaire pour assurer une production de lait optimale. Les sources de nutriments doivent être fournies dans des proportions adéquates pour répondre aux besoins des vaches laitières en fonction de leur stade de lactation et de leur niveau de production laitière.

### **3. Les aliments de base pour les vaches laitières**

#### **3.1. Les fourrages**

Les fourrages sont les aliments les plus importants dans l'alimentation des vaches laitières car ils fournissent les nutriments nécessaires pour soutenir la production de lait. Les fourrages contiennent des herbes, des légumineuses et des céréales qui sont cultivées spécialement pour l'alimentation des vaches laitières. (NRC, 2001).

##### **A. Les herbages**

Les herbages sont des plantes qui poussent naturellement dans les pâturages et qui peuvent être utilisées pour l'alimentation des vaches laitières. Les herbes sont riches en fibres, en protéines, en minéraux et en vitamines. Les pâturages peuvent fournir jusqu'à 50 % de la ration alimentaire totale des vaches laitières en saison estivale. Les principales espèces de pâturages sont les graminées, telles que le ray-grass et le trèfle, ainsi que les légumineuses, telles que la luzerne et le trèfle violet. Les vaches laitières peuvent manger les pâturages crus ou sous forme de foin ou d'ensilage. (NRC, 2001).

## **B. Les ensilages**

L'ensilage est une méthode de conservation des fourrages humides par fermentation lactique. L'ensilage est produit en tassant les pâturages dans une trémie et en les recouvrant d'un film d'air hermétique. La fermentation lactique se produit alors naturellement, ce qui réduit le pH et préserve les nutriments du fourrage. L'ensilage de maïs est l'ensilage le plus couramment utilisé dans l'alimentation des vaches laitières en raison de sa teneur élevée en énergie et en fibres digestibles. D'autres ensilages, tels que l'ensilage d'herbe, l'ensilage de luzerne et l'ensilage de sorgho, sont également utilisés dans l'alimentation des vaches laitières. (NRC, 2001).

### **3.2. Les concentrés**

Les concentrés sont des aliments qui sont utilisés pour compléter les fourrages dans l'alimentation des vaches laitières. Les concentrés sont riches en énergie, en protéines, en minéraux et en vitamines. Les concentrés peuvent être des aliments protéiques, tels que le soja, la graine de coton et le colza, ou des aliments énergétiques, tels que le maïs, l'orge et le blé. Les concentrés sont souvent mélangés avec d'autres ingrédients pour former des mélanges d'aliments concentrés (MAC). Les MAC sont formulés pour répondre aux besoins spécifiques des vaches laitières en fonction de leur stade de lactation et de leur poids corporel. (NRC, 2001).

### **3.3. Les compléments**

Les compléments sont des aliments qui sont utilisés pour compléter la ration alimentaire des vaches laitières en fournissant des nutriments spécifiques qui peuvent remplir dans les fourrages et les concentrés. Les compléments peuvent être des minéraux, des vitamines, des acides aminés et des additifs alimentaires. (NRC, 2001).

**A. les minéraux**

Certains minéraux, comme le calcium et le phosphore, sont essentiels pour la formation des os et des dents, ainsi que pour la régulation des processus enzymatiques dans l'organisme. Le magnésium est important pour la santé cardiaque et le débit des glucides, tandis que le potassium joue un rôle crucial dans l'équilibre hydrique et la fonction musculaire. (**Van Saun RJ, 2000**).

**B. Les macro éléments**

sont nécessaires en grandes quantités. Ils contiennent le calcium, le phosphore, le magnésium, le potassium, le sodium et le chlore.

- Le calcium est l'un des minéraux les plus importants dans l'alimentation des vaches laitières, car il est nécessaire à la formation de l'os et des dents, à la contraction musculaire et à la coagulation sanguine.

- Le phosphore est également essentiel à la formation de l'os et des dents, ainsi qu'à la production d'énergie.

- Le magnésium est important pour la fonction nerveuse et musculaire, tandis que le potassium est nécessaire à la régulation de l'équilibre hydrique et lytique. (**NRC, 2001**).

**C. les oligo-éléments(Les microminéraux)**

En plus des minéraux, les oligo-éléments tels que le zinc, le cuivre, le fer et le sélénium sont également essentiels pour la santé et la production des vaches laitières. Ces oligo-éléments sont nécessaires pour la synthèse de l'hémoglobine, des enzymes et des protéines, ainsi que pour la fonction immunitaire et la santé de la peau. (**Van Saun RJ, 2000**).

Les oligo-éléments sont nécessaires en petites quantités.

- Le fer est nécessaire à la formation de l'hémoglobine, qui transporte l'oxygène dans le sang.
- Le cuivre est important pour la pigmentation de la peau et des poils, tandis que le zinc est essentiel à la croissance et à la cicatrisation des tissus.
- Le manganèse est important pour la formation des os et des cartilages, tandis que le sélénium est nécessaire à la fonction thyroïdienne.
- L'iode est essentiel à la production d'hormones thyroïdiennes, tandis que le cobalt est nécessaire à la production de vitamine B12 par les bactéries dans le rumen.

Cependant, il est important de noter que la suralimentation en minéraux et oligo-éléments peut être préjudiciable à la santé des vaches laitières. Par conséquent, l'équilibre et la quantité appropriée de ces nutriments dans l'alimentation des vaches laitières doivent être soigneusement surveillés. (**Van Saun RJ, 2000**).

Les minéraux peuvent être fournis à la vache sous forme de compléments alimentaires, tels que des sels minéraux, des blocs à lécher ou des aliments pour animaux enrichis en minéraux. La teneur en minéraux des aliments pour animaux peut varier en fonction du sol et des pratiques agricoles. Il est donc important de surveiller les niveaux de minéraux dans l'alimentation des vaches pour s'assurer qu'ils sont suffisants. Les carences en minéraux peuvent avoir des effets négatifs sur la santé et la production laitière des vaches. Par exemple, une carence en calcium peut entraîner des problèmes de reproduction et des troubles du ressenti énergétique. Une carence en cuivre peut entraîner une anémie et des problèmes de fertilité, tandis qu'une carence en sélénium peut entraîner une dystrophie musculaire. (**NRC, 2001**).

Il existe plusieurs sources d'aliments riches en minéraux et oligo-éléments pour les vaches laitières, notamment les concentrés, les fourrages et les minéraux supplémentaires. L'alimentation équilibrée des vaches laitières en utilisant ces sources peut aider à maintenir leur santé et leur production laitière optimales.

- **L'eau**

Les besoins en eau des vaches laitières dépendent de plusieurs facteurs, notamment la température ambiante, l'humidité, la taille de l'animal, la production de lait et la teneur en matière sèche de l'alimentation. En général, les vaches laitières boivent entre 20 et 50 litres d'eau par jour, mais ce chiffre peut varier en fonction des conditions environnementales et de la production laitière. Il est important de fournir de l'eau propre et fraîche en permanence aux vaches laitières. L'eau doit être de bonne qualité et exempte de contaminants tels que les bactéries, les virus, les parasites et les métaux lourds. Les vaches laitières préfèrent l'eau fraîche et propre et peuvent réduire leur consommation d'eau si la qualité de l'eau est mauvaise. (NRC, 2001).

### **3.4. L'importance des aliments de base pour les vaches laitières :**

- **L'importance des acides gras pour les vaches laitières :**

Les acides gras sont des nutriments essentiels qui sont importants pour les vaches laitières car ils sont nécessaires pour la production de lait et pour maintenir la santé générale de l'animal. (Grummer R, 2018).

- **Les acides gras peuvent être classés en deux catégories principales :**

les acides gras saturés et les acides gras insaturés. Les acides gras insaturés, comme les acides gras oméga-3 et oméga-6, sont particulièrement importants pour les vaches laitières car ils ont été associés à une meilleure santé et à une meilleure qualité du lait. notamment les acides gras oméga-3 et oméga-6. (Grummer R, 2018).

Les acides gras oméga-3 peuvent aider à réduire l'inflammation, améliorer la santé cardiaque et favoriser la croissance et le développement du fœtus. Les acides gras oméga-6, quant à eux, peuvent contribuer à la santé de la peau et du pelage, ainsi qu'à la reproduction. (Grummer R, 2018).



**➤ Les protéines pour la production de lait chez les vaches laitières**

Les protéines sont nécessaires pour la croissance et la réparation des tissus corporels, ainsi que pour la production de lait. Les protéines sont composées d'acides aminés, qui sont les éléments constitutifs de base de toutes les protéines. Les vaches ont besoin d'une alimentation riche en acides aminés pour produire du lait de qualité **(Giallongo F, 2018)**.

**➤ glucides : source d'énergie pour les vaches laitières**

Les glucides sont une source importante d'énergie pour les vaches laitières, fournissent les calories nécessaires pour soutenir la production de lait et la croissance de l'animal. Les glucides peuvent être trouvés dans une variété d'aliments, y compris les céréales, les tubercules, les légumineuses et les sous-produits de l'industrie alimentaire. **(Tamminga, 2003)**.

**3.5. Besoins en nutriments spécifiques pour les vaches laitières**

Outre les nutriments de base tels que les protéines, les glucides et les acides gras, les vaches laitières ont également des besoins en nutriments spécifiques tels que les vitamines et les minéraux. Les vitamines, comme la vitamine A, la vitamine D et la vitamine E, sont importantes pour la santé et la production laitière des vaches. Les minéraux, comme le calcium, le phosphore et le potassium, sont également importants pour la production de lait et la santé des vaches. **(Constable P, 2017)**.

### 3.6. Une alimentation équilibrée pour les vaches laitières

#### ❖ Une alimentation équilibrée pour les vaches laitières:

Une alimentation équilibrée est essentielle pour assurer la santé et la production laitière optimale des vaches laitières. L'alimentation des vaches doit être équilibrée en termes de nutriments de base, de vitamines, de minéraux et d'autres nutriments essentiels pour assurer la santé et la production laitière optimales. Les rations alimentaires doivent être adaptées aux besoins individuels de chaque vache en fonction de son âge, de son poids et de sa production laitière. (Hofstetter *et al*, 2019).

Il est important de noter que les besoins en nutriments des vaches laitières varient en fonction de nombreux facteurs, tels que l'âge, le poids, la phase de lactation et la production de lait. Il est donc important de fournir une alimentation équilibrée qui répond aux besoins spécifiques de chaque vache. (Merrill *et al*, 2020).

En résumé, les aliments de base pour les vaches laitières doivent contenir des nutriments essentiels tels que les glucides, les protéines, les lipides, les vitamines et les minéraux pour maintenir la production de lait et assurer la santé et le bien-être des vaches laitières. (Goff, 2018).

### 4. La digestion et le contenu des aliments dans le rumen

L'alimentation influence directement la qualité et la quantité du lait produit. Il est donc nécessaire de maîtriser le cycle de production de l'animale et ses besoins afin d'adapter au mieux les apports alimentaires. L'alimentation rationnelle de la vache laitière suppose d'abord de bien prendre en compte les particularités digestives du ruminant.

#### **Le système digestif des bovins présente la particularité d'être pourvu de 4 poches :**

3 « pré-estomacs » (réseau, rumen et feuillet) et un estomac proprement dit, la caillette. Cette configuration particulière permet au ruminant d'effectuer une prédigestion fermentaire, obligatoire, et très efficace facilitant une utilisation poussée des fibres présentes dans la ration. (Toutain *et al*, 2009). Grâce à la fermentation, ils élaborent des protéines microbiennes et des produits qui sont ensuite métabolisés. D'où l'intérêt de

stimuler l'activité microbienne et l'orienter pour qu'elle profite le plus possible à la productivité, à la santé et à la qualité des productions. (Wolter, 1997).

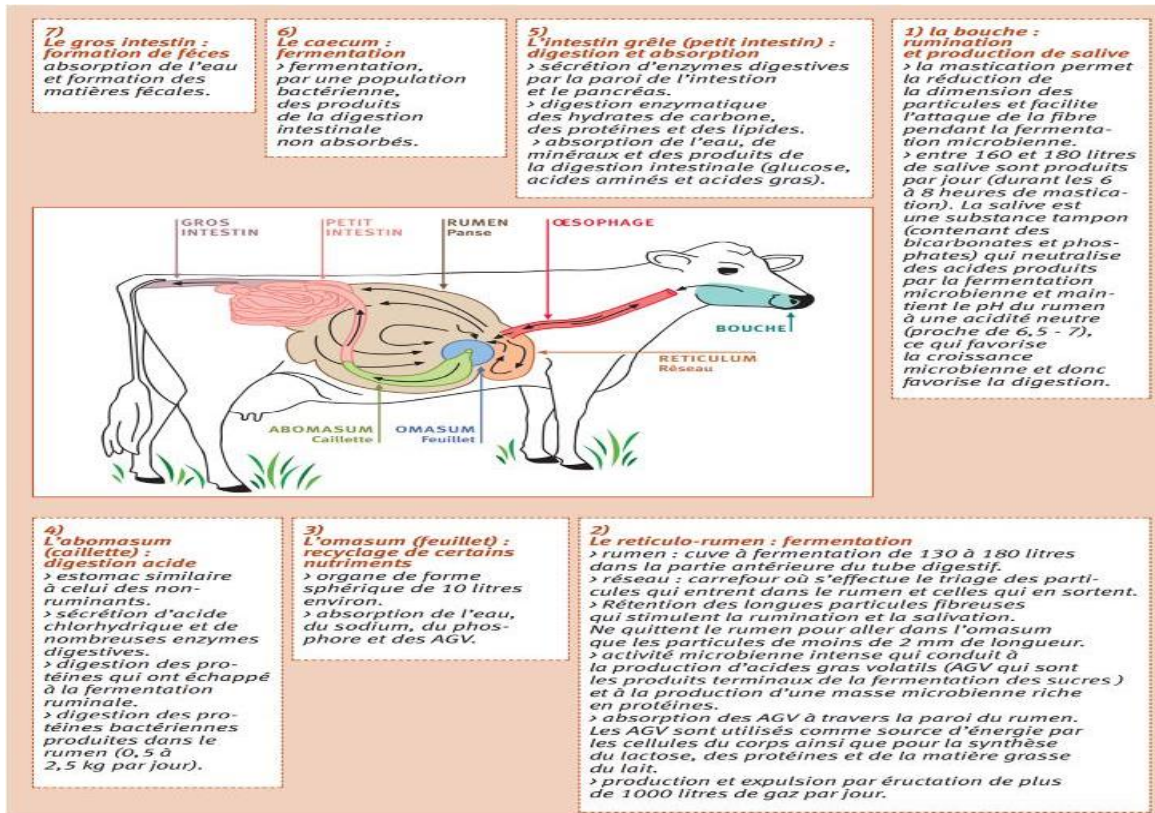


Figure 01 : Description et fonctions des principaux organes du tube digestif d'une vache. (Brocard *et al*, 2010).

Le rumen est une chambre de fermentation dans l'estomac des ruminants, y compris les vaches laitières. C'est un organe complexe qui abrite une communauté diversifiée de micro-organismes qui décomposent les aliments et les convertissent en nutriments digestibles pour la vache laitière. (Smith *et al*, 2022).

Les aliments ingérés par la vache passent d'abord dans le rumen, où ils subissent une série de complexes de réactions biochimiques et microbiennes. Les micro-organismes du rumen dégradent les fibres alimentaires en acides gras volatils (AGV), qui servent de source d'énergie pour la vache. Les AGV sont absorbés dans la paroi du rumen et passent dans le sang de la vache pour être utilisés comme source d'énergie. (Smith *et al*, 2022).

Le débit des protéines dans le rumen est également important pour la production de lait chez les vaches laitières. Les micro-organismes du rumen décomposent les protéines en acides aminés, qui sont ensuite utilisés pour synthétiser les protéines microbiennes.

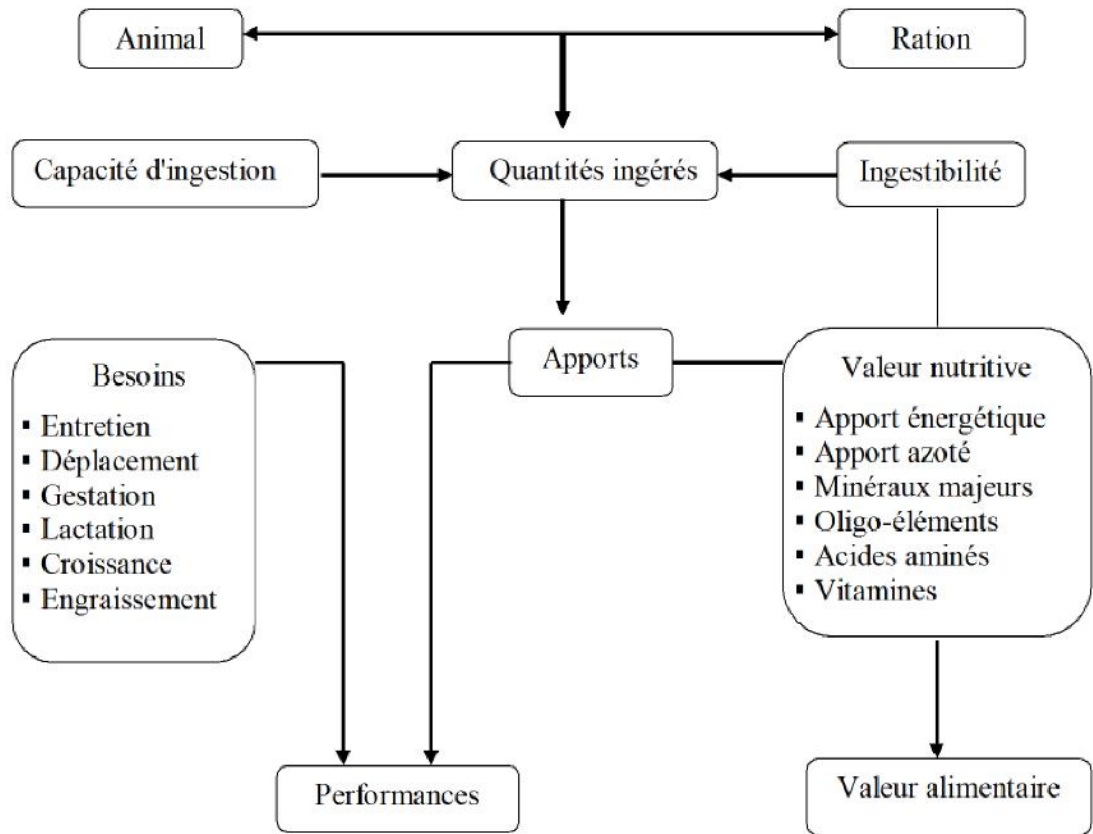
Ces protéines microbiennes sont ensuite digérées dans l'intestin grêle de la vache et fournissent de l'azote pour la synthèse de lait. ( **Nocek J, 1997**).

Les glucides sont également dégradés dans le rumen en AGV, qui fournissent de l'énergie à la vache laitière. Les glucides sont décomposés en sucres simples, puis en acides gras volatils. ( **Russell, 2001**).

Les minéraux sont également importants pour la digestion et sont consommés dans le rumen. Les ions minéraux sont nécessaires pour l'activité des enzymes et pour le maintien de l'équilibre électrolytique dans le rumen. ( **Goff, 2008**).

Enfin, il est important de noter que l'alimentation de la vache peut avoir un impact sur la fermentation et le ressenti des aliments dans le rumen. Un déséquilibre dans l'alimentation peut perturber la communauté microbienne du rumen, ce qui peut affecter la digestion et l'utilisation des nutriments chez la vache laitière. ( **Playne, 2004**).

Selon Meyer et Denis (1999), les apports alimentaires sont à quantifier en fonction des objectifs de production (figure 2).



**Figure 02 :** Les caractéristiques de l’animal et de la ration et leurs relations (Meyer et Denis, 1999).

### I-1- La digestion des aliments

La quantité de nourriture pouvant être ingérée est limitée par le volume créé dans le rumen et la capacité de consommation de l'animal. Par conséquent, la qualité alimentaire est couramment exprimée en termes de valeur énergétique, de valeur protéique et de digestibilité. Cette valeur est liée aux besoins énergétiques et protéiques de l'animal et à sa capacité de charge alimentaire. (Guérin *et al*, 2002).

Les vaches peuvent être nourries avec du fourrage grossier (régimes à faible teneur en énergie) et des régimes concentrés (généralement des régimes à haute énergie). Cependant, lorsque de grandes quantités de concentré sont ajoutées aux régimes, cela doit être fait très lentement sur une période de transition de 4 à 5 jours pour permettre aux bactéries du rumen de s'adapter au nouveau régime. (Wattiaux *et al*, Homan, 1996).

Toutes les plantes fourragères ont une meilleure valeur nutritive et une meilleure digestibilité lorsqu'elles sont jeunes, de sorte que la phase de récolte est toujours un compromis entre la valeur fourragère et le niveau de production. **(Sprumont, 2009).**

Des fourrages de haute qualité offrent une plus grande flexibilité dans la formulation de la ration. **(Beauchemin et Rode, 2012).** Pour répondre à leurs besoins quotidiens, l'alimentation des ruminants doit leur apporter suffisamment d'énergie et de substances azotées. **(Guérin et al, 2002).**

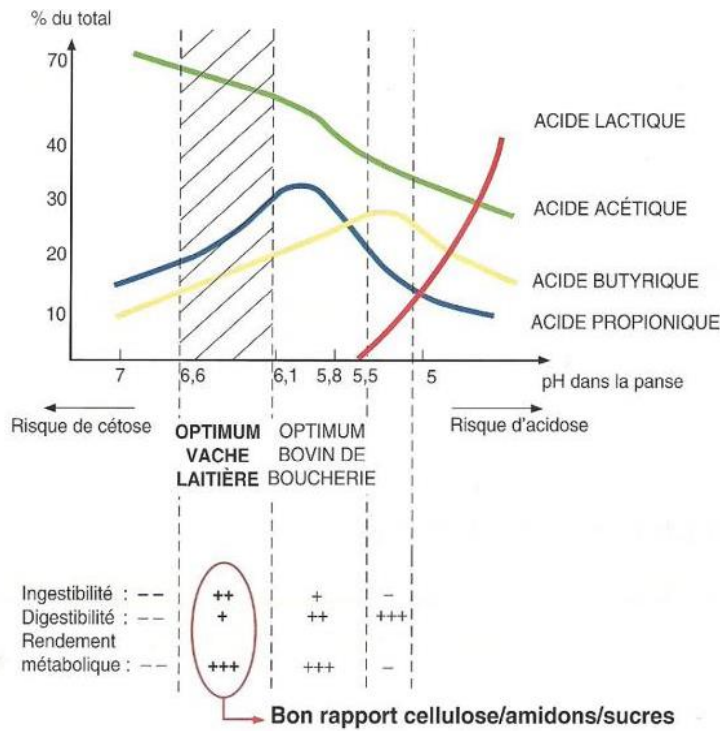
### **A. La digestion des glucides**

Des micro-organismes vivant dans le rumen permettent aux bovins d'obtenir de l'énergie à partir de glucides fibreux (cellulose et hémicellulose). **(Wattiaux et Homan, 1996).**

Dans le rumen, ils subissent une fermentation microbienne entraînant la formation d'un mélange d'acides gras volatils (AGV). Acide acétique (C2), acide propionique (C3), acide butyrique (C4), le rapport de ces trois acides gras est généralement d'environ 65 :20:15. Ces divers AGV sont absorbés par la paroi du rumen (Figure 3).

La production d'AGV est d'environ 3 kg par vache et par jour. C'est le résultat de plus de 80% de fermentation des glucides et peut fournir jusqu'à 70% de vos besoins énergétiques. Le rapport aliments concentrés dans la ration a un impact significatif sur la quantité et le pourcentage d'AGV produits dans le rumen, en fonction du pH résultant de la force de la fermentation (Figure 3).

L'acide acétique permet le maintien des niveaux d'acide butyrique et est préféré dans l'alimentation. Le propionate est le seul AGV glucoformateur et est donc antigénique. Préféré dans les concentrés et aide à maintenir les niveaux de protéines. **(Wolter et Ponter, 2013).**



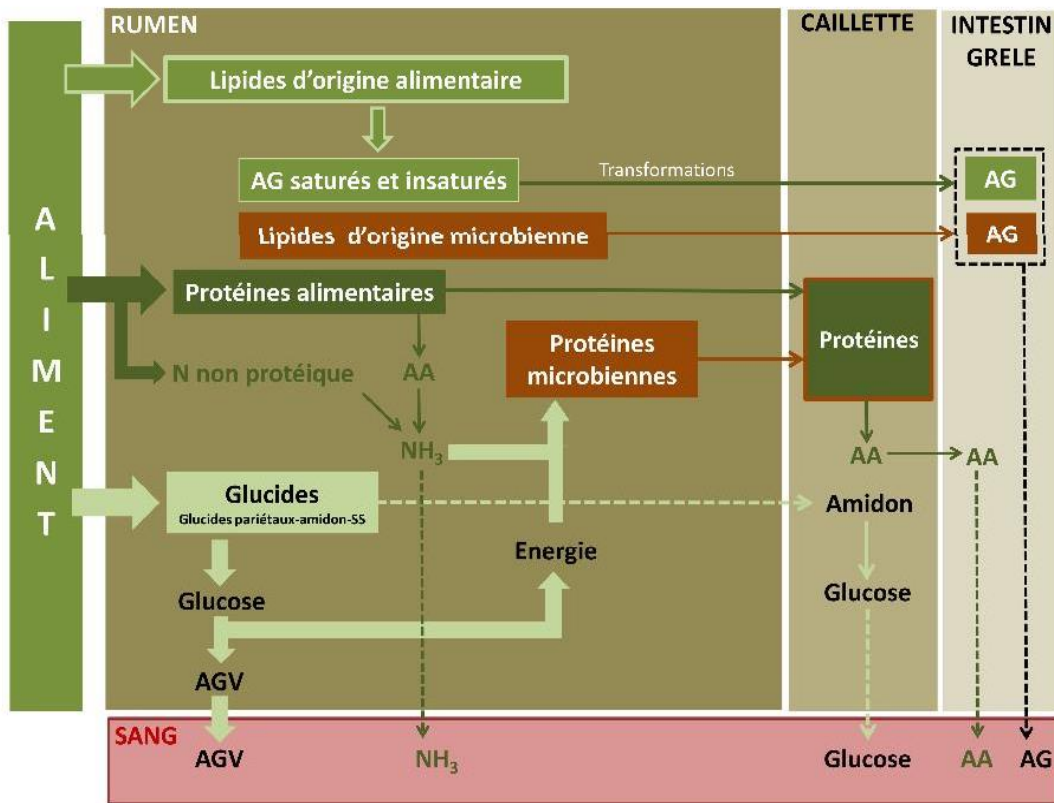
**Figure 03:** Évolution des proportions des acides gras en fonction du pH ruminal (Wolter et Ponter, 2013).

### B. La digestion des lipides

Les lipides alimentaires sont hydrolysés par les micro-organismes ruminiaux, permettant la production de glycérol et d'acides gras libres. Ils synthétisent également des lipides microbiens, qui rejoignent le pool d'acides gras libres alimentaires et sont absorbés dans le tractus gastro-intestinal (Figure 4).

C. La digestion des matières azotées

Les matières azotées alimentaires subissent dans le rumen une dégradation dont le produit terminal est l'ammoniac ( $NH_3$ ) ; utilisé par les microorganismes pour synthétiser leurs protéines microbiennes en présence d'une quantité suffisante d'énergie. Cette dernière est fournie par la dégradation des glucides via les fermentations microbiennes. L'ammoniac excédentaire est absorbé puis transformé en urée dans le foie. Les protéines microbiennes subissent une digestion enzymatique dans la caillette, conduisant à la formation d'acides aminés (AA) (figure 4). (Cuvelier et Dufrasne, 2014).



AA : acide aminé ; AG : acides gras ; AGV : acide gras volatil ; N non protéique : azote non protéique ; SS : sucres solubles

**Figure 04:** Schéma simplifié de la digestion des glucides, des lipides et des matières azotées chez le ruminant (Cuvelier et Dufrasne, 2014).



## **5. Besoins nutritionnels des vaches laitières**

La dépense énergétique se produit par le biais du métabolisme de base : respiration, digestion, température constante et activité. La base des rations est de répondre à ces besoins par la nourriture. Il y a aussi des besoins de production. Le besoin de croissance est dû au développement squelettique et musculaire.

Les besoins de la grossesse liés au développement du fœtus ne sont satisfaits qu'au troisième trimestre de la grossesse. **(Agabriel et De LaTorre, 2014).**

Les besoins d'entretien sont déterminés par le poids corporel et les besoins de production augmentent avec la production de lait. Par conséquent, les besoins totaux en nutriments par kg de lait produit diminuent avec l'augmentation des performances. **(Sutter, 2013).**

Les besoins en allaitement dépendent de la quantité de lait maternel produit et de sa composition. Sur la base de ces évaluations des besoins, des recommandations sont formulées pour répondre au mieux aux besoins de l'animal. **(INRA, 2010).**

Les besoins des petites vaches sont légèrement supérieurs à ceux des races plus lourdes. **(Sprumont, 2009).** L'estimation des besoins énergétiques de la vache laitière doit être affinée pour permettre le développement du potentiel laitier et la reconstitution des réserves tout en évitant un engraissement pénalisant à la fois pour la production laitière et la reproduction.

L'apport d'azote doit non seulement répondre aux besoins de l'animal lui-même, mais doit être fait de manière à faciliter le fonctionnement des microbes du rumen.

Le tableau 1 fournit la base de calcul des exigences UFL et PDI pour les vaches laitières.

**Tableau 01:** Les besoins nutritifs de la vache laitière (Leborgne et al, 2013).

	UFL		PDI (g)	
	Formule de base	Formule simplifiée	Formule de base	Formule simplifiée
Entretien	$0.041 \times PV^{0.75*}$	$1.4 + 0.006 \times PV^*$	$3.25 \times PV^{0.75}$	$95 + 0.5 \times PV$
Croissance	$3.25 - (0.08 \times \text{âge})$		$422 - (10.4 \times \text{âge})$	
Production laitière(1)	$PL \times [0.44 + (0.0055 \times (TB - 40)) + (0.0033 \times (TP - 31))]$	$0.44 \times PL_{4\%}$	$(PL \times TP) / 0.64$	$48 \times PL_{4\%}$
Gestation	$0.00072 \times PV_{\text{nais}} \times e^{0.116 \times 10 \text{ sem}_G}$	0.6 au 6 mois 1.1 au 7 mois 1.8 au 8 mois 2.9 au 9 mois (Pour un veau de 45 kg)	$0.07 \times PV_{\text{nais}} \times e^{0.111 \times \text{sem}_G}$	47 au 6 mois 88 au 7 mois 148 au 8 mois 227 au 9 mois (Pour un veau de 45 kg)
Reconstitution des réserves		$4.5 \times \text{gain de PV}$		

PV : poids vif en kg. PV<sub>nais</sub> : poids vif du veau en kg à la naissance. sem G : numéro de la semaine de gestation.  
 Age en mois (pour les femelles de moins de 40 mois). \* A multiplier par le coefficient... (indice d'activité)... en stabulation entravé..... = 1,1 en stabulation libre et ...=1,2 au pâturage.(1) PL = production laitière observé et PL<sub>4%</sub> = PL x (0,4+(0,015x TB) TB et TP sont exprimés en g/kg.

En fait, les vaches devraient théoriquement recevoir des régimes riches en nutriments. (Serieys, 1997). En conséquence, les vaches mobilisent leurs réserves internes pour répondre à leurs besoins énergétiques, en particulier à des niveaux de performance élevés.

Le rapport PDIE/UFL permet d'évaluer l'équilibre des nutriments, des acides aminés et de l'énergie dont disposent les bovins après digestion lorsque l'équilibre nutritionnel microbien est satisfaisant. (Faverdin et al., 2003).

Après avoir équilibré l'énergie et l'azote, il est recommandé de compléter la quantité nécessaire de minéraux essentiels (phosphore, calcium, magnésium, sodium, potassium) et d'oligo-éléments.

Selon Jarrige (1988), les besoins en calcium (Ca) et en phosphore (P) des vaches laitières augmentent significativement à partir du vêlage, car le calcium (Ca) et le phosphore (P) sont des composants majeurs de la composition du lait.

Meyer et Denis (1999) ajoutent que lorsque les animaux ne mangent pas assez, ils consomment les os stockés. Cependant, s'il y a une carence sévère, la production de lait diminue.

Pour les ruminants, les vitamines du groupe B et les vitamines C et K n'ont pas besoin d'être fournies par l'alimentation et les micro-organismes du rumen peuvent les synthétiser. D'autres vitamines, en revanche, doivent être rendues disponibles par le biais des aliments qu'elles servent. L'eau est un élément essentiel de votre alimentation.

Des restrictions minimales doivent être mises en place car elles affectent l'enregistrement et donc la production. En moyenne, les vaches laitières utilisent 3 à 4 litres d'eau par litre de lait. **(Cuvelier et al., 2012).**

## **LE TYPE DE BESOINS À COUVRIR**

Ces besoins sont différents en fonction de l'activité de l'animal :

- l'entretien (permettant à l'animal de se maintenir à son poids initial, d'assurer ses fonctions vitales)
- la production
- la croissance
- la gestation

Pour couvrir ces besoins, L'animal a besoin dans sa ration journalière de :

### **1. Energie (unité : UFL)**

- pour maintenir sa température corporelle
- pour assurer les fonctions vitales de son organisme
- pour produire

### **2. Matières azotées (unité : grammes de PDI)**

- pour la construction de son organisme et la production

### **3. Minéraux, oligo-éléments et vitamines**

- pour la construction de son organisme et notamment comme catalyseurs des différentes réactions chimiques de son métabolisme

#### 4. Eau (en quantité et en qualité)

Les vaches laitières ont des besoins nutritionnels spécifiques pour répondre aux exigences de leur production laitière. Les besoins en nutriments peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs tels que le stade de lactation, la génétique, l'environnement, l'activité physique, la température ambiante et la qualité de l'alimentation. **(NRC, 2001)**.

#### 5.1. Les besoins en énergie :

L'énergie est le nutriment le plus important pour les vaches laitières car elle est utilisée pour la synthèse du lait et pour les fonctions corporelles telles que la respiration, la circulation sanguine et la digestion. Les besoins en énergie varient en fonction de la production laitière, du poids corporel et du niveau d'activité. **(Bargo et al, 2003)**.

L'évaluation de l'apport énergétique est basée sur l'unité fourragère (UF) ou sur l'unité laitière (UL) qui est la quantité de nutriments nécessaires pour produire 1 kg de lait ou 1 kg de poids vif par jour. Les rations doivent être équilibrées en termes de sources d'énergie pour éviter les excès ou les déficits. **(FAO, 2012)**. Les sources d'énergie pour les vaches laitières contiennent les glucides, les lipides et les protéines.

Les glucides sont la principale source d'énergie pour les vaches laitières et sont fournis par les aliments tels que le maïs, le blé et l'ensilage d'herbe. Les lipides sont également une source importante d'énergie et sont fournis par des aliments tels que les huiles végétales et les graisses animales. Cependant, les vaches laitières ne peuvent pas utiliser les graisses non protégées comme source d'énergie en raison de leur faible solubilité dans l'eau et de leur digestion difficile dans le rumen. **(NRC, 2001)**.

## 5.2. Les besoins en protéines

Les protéines sont nécessaires pour la synthèse des tissus corporels, y compris les muscles, la peau et les poils, ainsi que pour la production de lait.

Les besoins en protéines varient en fonction de la production laitière, de la phase de lactation et de la qualité de l'alimentation. Les protéines sont composées d'acides aminés, dont certains sont essentiels car le corps des vaches ne peut pas les synthétiser.

Les sources de protéines pour les vaches laitières comprennent le soja, le colza, le tourteau de coton et le tourteau de tournesol.

Cependant, les vaches laitières ont une capacité limitée à utiliser les protéines alimentaires en raison de leur incapacité à digérer efficacement les protéines non dégradables dans le rumen. Par conséquent, les protéines doivent être fournies sous forme de protéines digestibles dans l'intestin (PDI), telles que les protéines de lait, les protéines de pois ou les protéines de blé, qui sont plus facilement digestibles dans l'intestin grêle. **(A. Relling et al, 2018).**

L'énergie est un nutriment essentiel pour les vaches laitières car elle est nécessaire pour maintenir les fonctions corporelles, la croissance et la production laitière. Les aliments riches en énergie sont souvent les plus qualifiés de la ration, il est donc important d'utiliser efficacement ces aliments pour maximiser la production laitière tout en minimisant les coûts de production. **(Smith, 2018).**

Les besoins énergétiques des vaches laitières varient en fonction de leur poids, de leur stade de lactation, de leur niveau d'activité et de leur environnement. Pour estimer les besoins énergétiques d'une vache laitière, il est important de connaître sa production laitière quotidienne et sa composition en matière grasse et en protéines. **(Jones, 2016).**

Ces informations peuvent être utilisées pour calculer l'énergie nette requise pour la production laitière, qui est souvent exprimée en méga calories d'énergie nette par kilogramme de lait produit (Mcal EN/kg lait). **(Brown, 2019).**

## 6. Alimentation de la vache laitière au cours de la lactation

Le lait est un mélange complexe mais stable de substances insolubles dans l'eau (matières grasses, certaines protéines et certaines vitamines) et hydrosolubles (lactose, autres protéines et autres vitamines). (Wattiaux et Homan, 1996).

La teneur en matières grasses est souvent un bon indicateur de la teneur en protéines. Plus il y a de matières grasses, plus il y a de protéines. Auparavant, les scores des vaches étaient souvent exprimés en kilogrammes de beurre par lactate. (Sprumont, 2009).

Les principaux facteurs de variabilité de la production laitière et de la composition chimique sont bien connus. Ils sont liés à l'animal (tableau 2) (facteurs génétiques, stade physiologique, état de santé, etc.) ou à l'environnement dans lequel vit l'animal (saison, alimentation, hygiène, traitement, etc., (Wolter, 1997).

Selon Faverdin et al (1987), l'évolution de la production (quantité et composition du lait), de la consommation et du poids vif dépendait de l'âge de l'animal (primipare, parité), du niveau de production et du stade de lactation. mois. , qui représente l'étape critique.

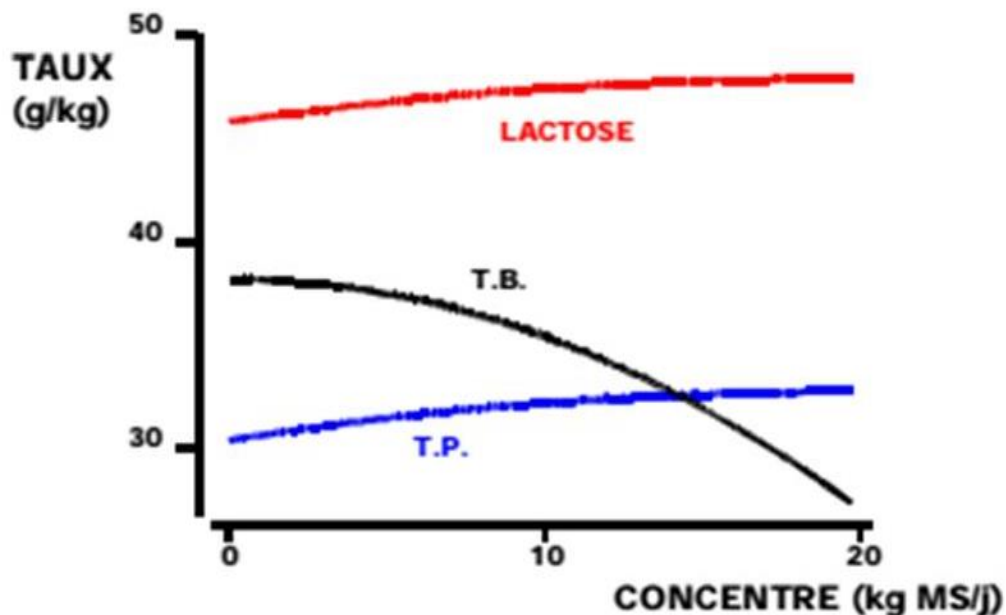
**Tableau 02** : Niveau adulte lactation 305 j par race - Année 2015 (Douguet et Thomas, 2016).

Race	Nombre résultats	Production moyenne kg	Taux Butyreux (TB) %	Taux Azoté (TA) %
Prim'Holstein	1 706 420	9 073	3,84	3,28
Montbéliarde	439 609	7 232	3,84	3,43
Normande	217 642	6 589	4,15	3,60
Abondance	23 412	5 579	3,66	3,47
Brune	17 344	7 148	4,10	3,55
Simmental Française	16 938	6 400	3,96	3,52
Pie Rouge des Plaines	10 221	7 781	4,19	3,44
Tarentaise	7 816	4 487	3,65	3,39
Jersiaise	5 829	5 091	5,46	3,98

Les rations animales consistent à répondre aux besoins nutritionnels d'un animal en consommant une alimentation adaptée, équilibrée, adaptée à sa capacité digestive et à sa valeur nutritionnelle, et en l'utilisant avec la plus grande parcimonie possible. Cependant, pour évaluer son efficacité, cette ration calculée doit être comparée à la pratique réelle. (Wolter, 1994).

Dans le même temps, l'augmentation de l'apport de concentré aux vaches laitières réduit l'apport alimentaire et la teneur en beurre du lait, et augmente l'apport alimentaire total, la production de lait et sa teneur en protéines et en lactose. (Sauvant, 2004). (Figure 5).

L'apport énergétique sous forme de régimes concentrés influence la teneur en protéines, contrairement à la teneur en azote, sauf chez les bovins très performants où la qualité des protéines peut avoir une influence. (Meyer et al. Dennis, 1999).



**Figure 05 :** Influence de l'apport d'aliment concentré sur la composition moyenne du lait. Synthèse bibliographique. (Sauvant et Mertens, 2000 In Sauvant, 2004).

Nourrir les vaches en début de lactation est difficile. Un compromis doit être trouvé entre deux ordres contradictoires. Les bovins ne peuvent pas tolérer des changements rapides de ration et des demandes triples en seulement 2 semaines (Enjalbert, 2003).

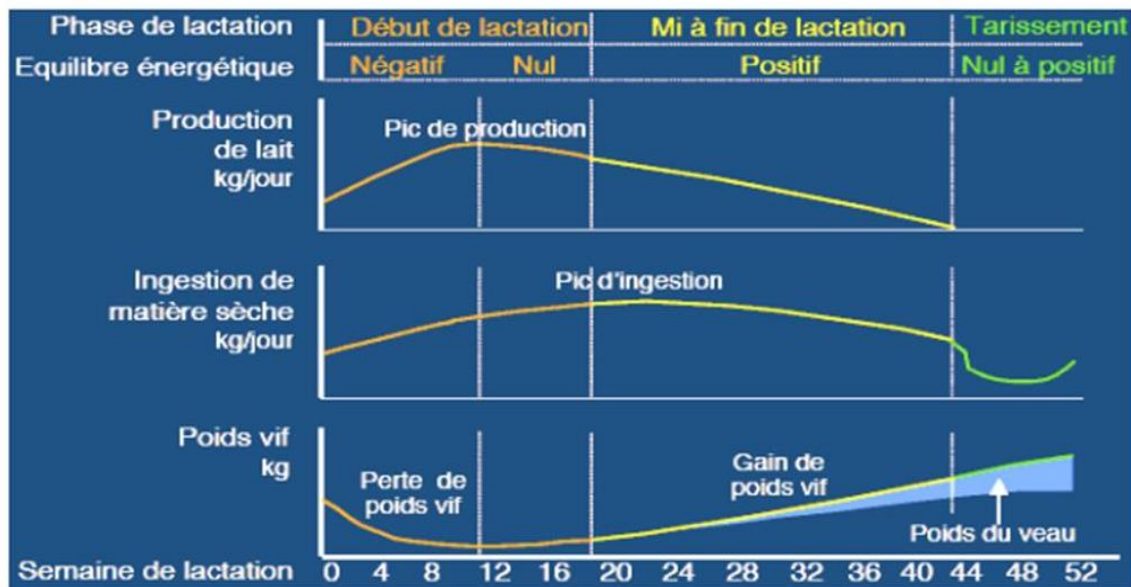
➤ **Le cycle de production de la vache laitière:**

Le cycle de production de la vache laitière est basé sur le rythme théorique suivant (figure ci joint): 10 mois de production laitière (lactation). Suivis de 2 mois de repos mammaire (tarissement).

Ce cycle de production correspondant à 1 cycle de reproduction de 1 an est caractérisé par l'obtention d'un veau / vache/an. Au cours de la lactation de 10 mois on peut distinguer 2 principales phases :

- **Une première phase (ascendante):** Au cours de laquelle la production journalière augmente rapidement pour atteindre le niveau maximum de production. "Pic de lactation" ou "Pic de production". Cette phase dure environ 1 mois.
- **Une deuxième phase (décroissante) :** Elle est plus longue ou plus importante en durée appelée improprement "Milieu De Lactation", pendant laquelle la production diminue plus ou moins régulièrement, c'est la phase décroissante.

La période la plus critique pour les vaches laitières se situe entre le vêlage et le pic de lactation. Cette période se caractérise par une augmentation très rapide et importante des besoins nutritionnels avec l'augmentation de la production laitière, avec un pic à la semaine 3 ou 4 pour les gros producteurs et un faible pour les petits producteurs avec des pics à 4 ou 5 semaines. (Fig. 6). (Enjalbert, 2003 ; Wolter, 1997).



**Figure 06:** Évolution de l'équilibre énergétique, de la production laitière, de l'ingestion et du poids vif durant les phases du cycle de lactation de la vache laitière (Wolter, 1997).



Cette exigence est de 3 à 6 fois l'entretien ou la période (Figure 7). Selon Wolter (1997), en début de lactation, les coûts nutritionnels pour 8 jours de lactation correspondent à 9 mois de gestation. Par contre, 1 litre de lait en pic de lactation correspond à 200 litres pour toute la période de lactation.

En règle générale, la plupart des aliments et des concentrés sont de bonnes sources de protéines. Au cours de la première étape de la lactation, les besoins en protéines d'une vache dépassent de loin ceux fournis par les microbes du rumen (PDIM). Cette différence est encore plus grande lorsque les animaux manquent d'énergie ou que leur niveau de production est élevé. (Blanc et al., 2004). L'alimentation doit se faire avec des substances azotées non dégradées dans le rumen (PDIA). (Wolter, 1997).

La production laitière maximale est atteinte à 5 % de matières grasses. Malgré sa faible proportion dans l'alimentation, il est important car il est riche en énergie et contribue directement à environ 50 % des matières grasses du lait. Un excès de matières grasses peut réduire l'apport total et la production de lait et modifier la composition des matières grasses du lait. (Wattiaux et Homan, 1996).

Les besoins totaux en protéines brutes des vaches laitières varient de 18 % en début de lactation à 12 % en période de tarissement (Wattiaux et Homan, 1996).

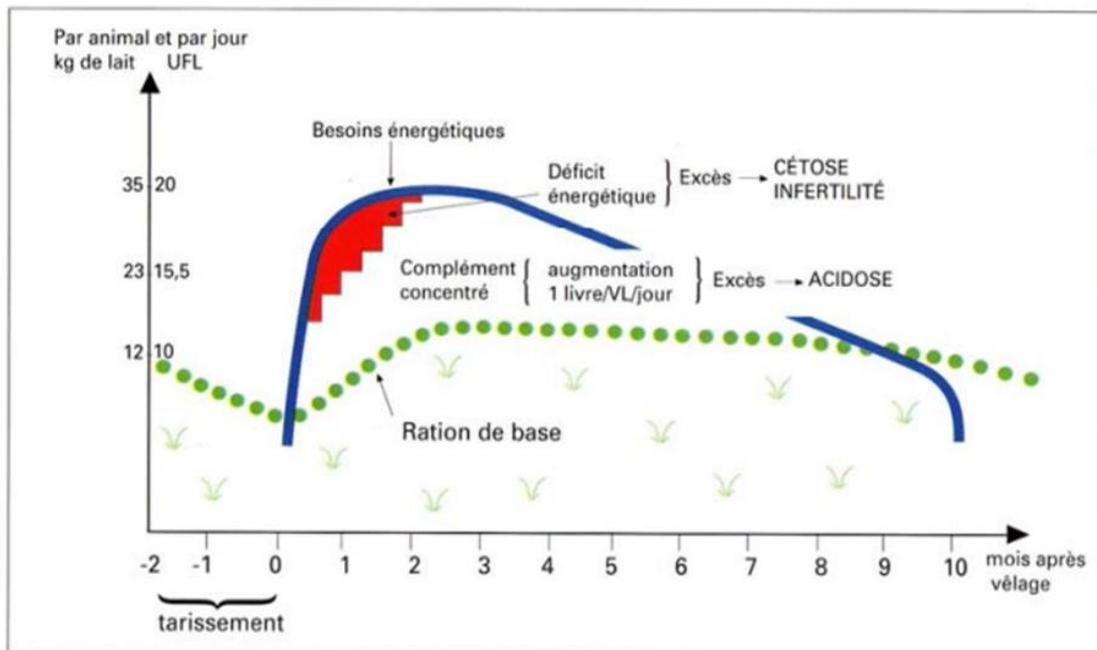


Figure 07: Evolution du niveau alimentaire en début de lactation (Wolter, 1997).

Le tableau 3 montre les quantités recommandées d'énergie, d'azote et de fibres dans l'alimentation des vaches laitières en fonction du cycle de production. La quantité distribuée dépend du niveau de production.

**Tableau 03:** Teneurs recommandées des rations des vaches laitières en énergie, en azote et en fibres selon le cycle de production (Araba, 2006).

Phase	Tarissement- Vêlage (2 mois)	Vêlage-pic de lactation (2 mois)	Pic d lactation- milieu de lactation (3 mois)	Milieu de lactation- Tarissement (5 mois)
UFL/Kg MS	0.6 - 0.65	0.85 - 0.90	0.85	0.75
MAT,% de la MS	11-12	17 - 19	15	14
Cellulose brut, % de la MS	20-22	14 - 15	15	17

La saison sèche dure classiquement 60 jours. (**Dosogne et al, 2000 ; Remond et al, 1997**). Cette période est essentielle à la récupération hormonale et à la régénération du tissu mammaire et devrait être pratiquée au début de la seconde moitié de la lactation plutôt qu'à la rééducation. (**Wolter, 1997; Annen et al, 2004**).

Nourrir les vaches à cette période de l'année nécessite deux stratégies :

a) - Essayer de répondre aux besoins énergétiques actuels des animaux en les nourrissant avec des régimes riches en énergie. (**Chilliard et al, 1983**). Des changements fermentatifs se produisent lorsque la consommation de concentré augmente, altérant la digestion de l'aliment et réduisant sa consommation. (**Journet, 1988**).

b)- La ration doit tenir compte du déficit énergétique tolérable qui doit être comblé plus tard en milieu et fin de lactation pour que les réserves mobilisées en début de lactation puissent être récupérées. (**Journet, 1988**).

# Chapitre 02

## Chapitre II: Le rationnement chez la vache laitière

Une ration adéquate pour bovins laitiers doit combler leurs besoins quotidiens, sans les excéder. Ces besoins comprennent tous les éléments nutritifs importants pour l'entretien, la production de lait, la croissance et la reproduction. Quand les exigences ne sont pas comblées, la production et la santé en souffrent. D'un autre côté, quand on excède les besoins, on augmente le coût des aliments et, dans certains cas, on peut voir apparaître des problèmes de santé. Une ration équilibrée fournit les quantités adéquates de protéines, UNT (unités nutritives totales), calcium, phosphore et sel; et au moins les quantités minimales de magnésium, d'iode, de cobalt et de vitamines A et D. Puisque les besoins varient beaucoup selon le niveau de production, on doit donc les considérer dans la formulation d'une ration laitière équilibrée. (**Jaster et al, 2018**).

Les grandes règles qui régissent l'alimentation des vaches laitières découlent de trois constatations:

- Le cycle de production de la vache laitière (VL) est étroitement lié à son cycle de reproduction.
- L'appétit de la VL caractérisé par sa capacité d'ingestion n'est pas toujours suffisant pour lui permettre de satisfaire ses besoins, en particulier au début de la lactation.

□ Les fourrages, aliments de base de la VL, ne permettent pas, dans la plupart des cas, de faire face à des dépenses importantes dues à des niveaux élevés de productions laitières.

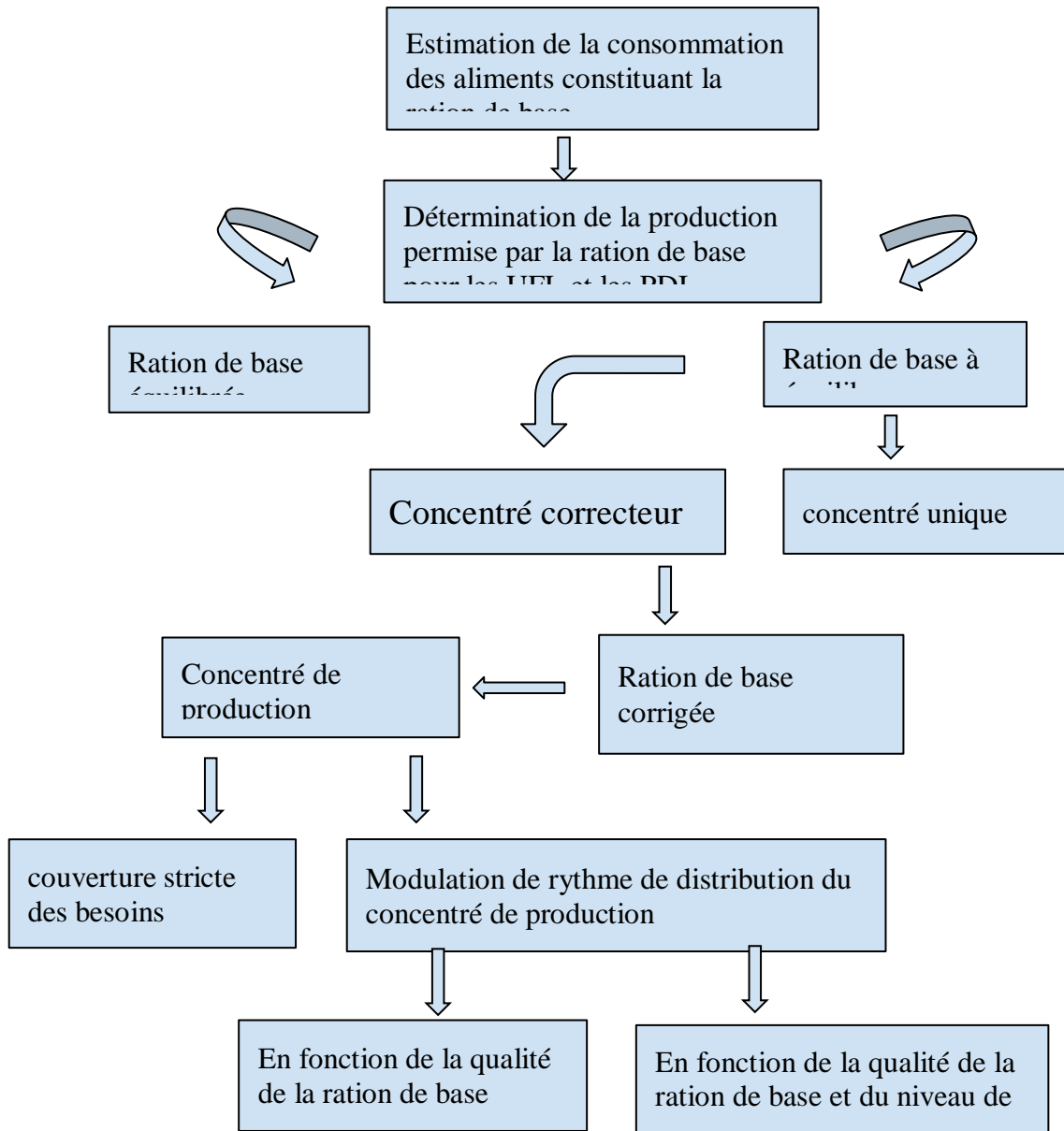
### 1. Principe du rationnement :

Rationner un animal consiste à satisfaire ses besoins nutritifs par l'ajustement d'apports alimentaires suffisants, équilibrés, adaptés à ses facultés digestives et les plus économiques possibles. Pour cela, on dispose des tables indiquant:

- D'une part, les normes admises pour les besoins nutritifs d'entretien et de production.
- D'autre part, la composition moyenne des divers aliments auxquels on peut avoir recours; Il suffit de réaliser par le calcul, l'équilibre théorique entre les besoins et les apports. (**Blanc et al, 2017**).

2. Calcul des rations :

Calculer une ration nécessaire de comprendre le fonctionnement du rumen.



**Figure 08** : Schéma simplifié des différentes étapes du calcul des rations de vaches en pleine lactation. Kadi (2007).

N'oubliez jamais qu'une vache a un système digestif fait pour digérer de l'herbe à 100%. Cela signifie que, dans l'idéal, une ration devrait répondre aux critères suivants :

- 0% d'amidon
- Des sucres et de la cellulose
- De l'azote assez soluble
- Des oligo-éléments et des vitamines en quantité suffisante (ni excès ni carence)
- Un pH neutre et stable

➤ **Le rationnement pratique de la vache laitière repose sur les principes suivants:**

**a-/ Calcul des besoins nutritifs cumulés:**

Ce sont les besoins "de base", communs à tout le troupeau ;

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

□ Troupeaux moyens = 10 à 12 litres.

□ Bons troupeaux = 14 à 16 litres

**b-/ Déterminer les apports nutritifs de la ration de base:**

L'éleveur essaie d'obtenir une ration de base équilibrée, uniquement avec les aliments grossiers dont il dispose, sans faire appel aux concentrés (ceci est toujours préférable pour des raisons économiques), il associe plusieurs fourrages exemple :

□ Foin de légumineuse + betterave ;

□ Foin de graminées + choux fourragers.

Au besoin, elle comporte un complément d'équilibre riche en azote ou en énergie en fonction du MAD/UF et éventuellement un complément minéral et vitaminique (CMV) spécialement conçu afin de lui assurer ce minimum d'efficacité. (INRA, 2018).

Le calcul de la somme des apports nutritifs de la ration de base devient aisé, connaissant les quantités consommées et la composition des aliments au moyen des tables des valeurs nutritives. Une fois défalqués les besoins d'entretien, de l'animal, des apports de la ration de base, on peut juger de l'aptitude de cette ration à couvrir un niveau plus ou moins élevé de production laitière : On peut déterminer la production de lait permise par les UFL et la production permise par les PDI. La ration est équilibrée si ces deux chiffres sont les mêmes à 1 ou 2 litres près.

**C-/ Un aliment de secours : Le correcteur d'équilibre :**

- Si l'éleveur ne parvient pas à l'équilibre avec les fourrages dont il dispose (déficit en UFL ou en PDI), cette ration déséquilibrée doit être corrigée par un aliment concentré riche en cet élément déficitaire : "correcteur d'équilibre" ou "aliment complémentaire d'équilibre" :

- Si la ration est déficitaire en MAD, le MAD/UF du correcteur devra être élevé : On choisira un tourteau par exemple : PDI/UFL=380.

- Si la ration est déficitaire en UFL (dans ce cas c'est l'énergie qui décide des potentialités de la ration), le Le PDI/UFL du correcteur devra être faible. On choisira des céréales, par exemple l'orge : PDI/UFL=65.

**d-/ Additionner le "complément de production" ou "le concentré de production" ou "ration supplémentaire":**

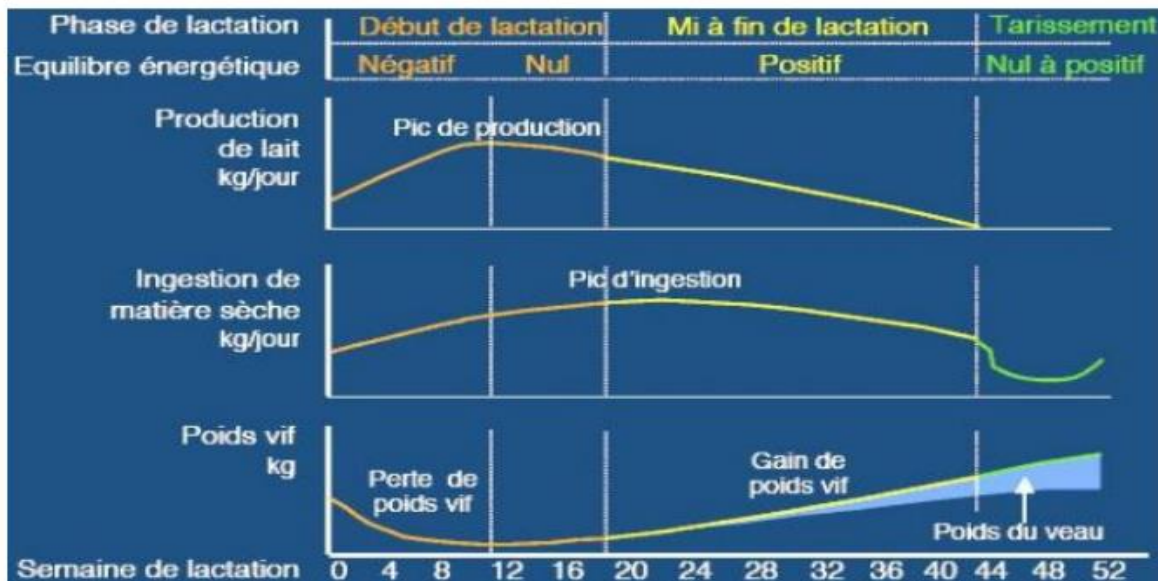
-Au-delà de la production permise par les UFL et les PDI apportées par la ration de base et l'aliment équilibré, l'éleveur doit cesser la distribution de ce correcteur, sinon il s'éloigne de nouveau de l'équilibre.

-Il doit distribuer un aliment qui couvre exactement les besoins des litres de lait supplémentaires :

Comme 1 litre de lait à 4% demande 0.4 UFL et 50g PDI soit un MAD/UF=116, l'aliment à distribuer devra avoir un PDI/UFL de 116). C'est l'aliment équilibre de production ou aliment équilibré des vaches laitières.

### 3. Le rationnement énergétique:

Le rationnement énergétique est l'un des principes clés de l'alimentation de la vache laitière. Il vise à fournir une quantité suffisante d'énergie pour maintenir les fonctions corporelles de l'animal, ainsi que pour soutenir la production laitière. Le rationnement énergétique est généralement exprimé en termes d'unités de production laitière, telles que la quantité de lait produite par jour ou la quantité de matière grasse produite par jour. (Firkins *et al*, 2001).



**Figure 09** : Évolution de l'équilibre énergétique, de la production laitière, de l'ingestion et du poids vif durant les phases du cycle de lactation de la vache laitière. (Firkins *et al*, 2001).

#### 3.1. Besoins énergétiques de la vache laitière:

Les besoins énergétiques de la vache laitière dépendent de plusieurs facteurs, notamment la taille de l'animal, son état physiologique, le poids, et le niveau de production laitière. Les besoins énergétiques sont souvent exprimés en termes d'exigences en énergie nette de lactation (ENL), qui est la quantité d'énergie nécessaire pour produire un kilogramme de lait. (NRC, 2001).



Les exigences en ENL varient au cours de la lactation, étant plus élevées au début de la lactation, lorsque la production de lait est maximale, et diminuant progressivement à mesure que la lactation avance. **(Firkins *et al*, 2001)**. Les besoins énergétiques de la vache laitière doivent donc être ajustés en conséquence tout au long de la lactation.

En général, les besoins énergétiques augmentent avec le niveau de production laitière. Les vaches laitières ont également des besoins énergétiques plus élevés pendant les périodes de reproduction et de gestation.

Les besoins énergétiques sont généralement exprimés en termes d'Unités fourragères Lait (UFL) ou d'Unités fourragères nécessaires (UFN). L'UFL est une mesure de l'énergie digestible contenue dans l'alimentation, tandis que l'UFN est une mesure des besoins énergétiques de la vache. Le ratio UFL/UFN est utilisé pour évaluer si la ration alimentaire fournit suffisamment d'énergie pour répondre aux besoins de la vache laitière. **(Johnson *et al*, 2020)**.

La quantité d'énergie nécessaire pour produire du lait dépend également de la composition nutritionnelle de l'alimentation de la vache. Les nutriments clés pour la production de lait sont les glucides, les protéines et les graisses. Les glucides fournissent la majorité d'énergie nécessaire à la production de lait, tandis que les protéines et les graisses sont nécessaires pour la synthèse des composants du lait, tels que les protéines et les lipides. Dans le système UFL, les besoins énergétiques totaux sont calculés comme la somme des différents besoins énergétiques exprimés en énergie nette. Chez les vaches laitières, les besoins en énergie (besUFL) sont composés des besoins énergétiques pour l'entretien, la croissance, la production de lait et la gestation, tous exprimés en UFL/j. **(Smith, 2018)**.

### 3.2. Techniques de rationnement énergétique:

Le rationnement énergétique est une méthode efficace pour assurer une production laitière optimale chez les vaches laitières. Il existe plusieurs techniques de rationnement pour répondre aux besoins énergétiques de la vache laitière.

#### A. Évaluation des besoins énergétiques de la vache laitière Avant d'établir une ration équilibrée :

Il est important de déterminer les besoins énergétiques de la vache laitière. Plusieurs facteurs sont à prendre en compte tels que le poids vif, le niveau de production laitière, l'état corporel et la température ambiante. (Lopes *et al*, 2020). Une fois les besoins énergétiques révélés, il est possible d'établir une ration adaptée pour couvrir ces besoins.

#### B. Méthodes de rationnement :

Il existe plusieurs méthodes de rationnement énergétique pour les vaches laitières, telles que le rationnement en groupe, le rationnement individuel et le rationnement par contrôle automatique de l'alimentation. Le rationnement en groupe est couramment utilisé et implique de fournir une quantité d'aliment fixe à un groupe de vaches ayant des besoins similaires. (Bauman et Currie, 2013).

Le rationnement individuel consiste à fournir des rations spécifiques pour chaque vache en fonction de ses besoins énergétiques. (Sutton et Beede, 2013).

Le rationnement par contrôle automatique de l'alimentation est une méthode avancée qui permet de réguler automatiquement la quantité d'aliment fournie en fonction de la production laitière de chaque vache. (Lanzas *et al*, 2015).

### C. Optimisation de la ration énergétique :

Une fois la méthode de rationnement choisie, il est important d'optimiser la ration pour assurer une production laitière optimale. Cela implique de fournir une quantité suffisante d'énergie tout en évitant un excès d'apport énergétique qui pourrait conduire à une prise de poids excessive ou à des problèmes métaboliques. L'utilisation de logiciels de rationnement peut aider à optimiser la ration en prenant en compte les différents nutriments nécessaires pour assurer une production laitière optimale. (**Girard et al, 2017**).

Donc : L'évaluation des besoins énergétiques, le choix de la méthode de rationnement et l'optimisation de la ration sont des étapes importantes pour assurer une production laitière optimale tout en maintenant la santé et le bien-être des vaches laitières.

D'autres techniques sont également utilisées pour le rationnement énergétique des vaches laitières, telles que le modèle Cornell (Fox et al., 2003), le modèle CNCPS (NRC, 2001) et le modèle INRA. (**Sauvant et al, 2018**).

- Le modèle Cornell utilise une approche de calcul différente de celle du NRC et de l'INRA, en tenant compte de l'ingestion de fourrage et de la production laitière pour calculer les besoins énergétiques.

- Le modèle CNCPS est plus complexe que les autres modèles et prend en compte les besoins énergétiques des microbes dans le rumen ainsi que les besoins énergétiques de la vache laitière.

- Le modèle INRA est plus simple que le CNCPS mais utilise des équations spécifiques pour estimer les besoins énergétiques en fonction de la production laitière, de la taille et du poids de la vache.

En plus des modèles de rationnement, il existe également des outils pratiques pour aider les éleveurs à rationner leurs vaches laitières. Parmi ceux-ci, on peut citer les tables de valeurs alimentaires, les balances à alimentation automatique et les compteurs de lait pour surveiller la production laitière des vaches et ajuster la ration en conséquence. (**Van Amburgh et al, 2015**).

En somme, le rationnement énergétique des vaches laitières est une tâche complexe qui nécessite une compréhension approfondie des besoins énergétiques des animaux et des sources d'énergie disponibles dans l'alimentation. **(Smith et al, 2022)**. Les modèles de rationnement et les outils pratiques peuvent aider les éleveurs à établir des rations équilibrées pour maximiser la production laitière tout en maintenant la santé et le bien-être des animaux. **(Brown, 2019)**.

Les logiciels de rationnement sont également couramment utilisés pour établir des rations équilibrées pour les vaches laitières.

Ces logiciels peuvent prendre en compte divers facteurs tels que le niveau de production laitière de l'animal, son poids, son état physiologique et la composition nutritionnelle des aliments disponibles. Les logiciels de rationnement peuvent également aider à optimiser la ration en fonction des coûts des aliments disponibles sur le marché, ce qui peut être important pour la rentabilité de l'exploitation laitière. **(Firkins et al, 2001)**.

Une autre technique couramment utilisée pour le rationnement énergétique est la mesure de l'ingestion alimentaire et de la production de lait de la vache laitière. Ces mesures peuvent être utilisées pour ajuster la ration énergétique en temps réel, en fonction des besoins de l'animal et de son niveau de production laitière actuel. **(NRC, 2001)**.

Enfin, des technologies plus récentes telles que les dispositifs de surveillance électronique peuvent également être utilisées pour aider à optimiser le rationnement énergétique pour les vaches laitières. Ces dispositifs peuvent être utilisés pour surveiller l'activité des animaux, leur consommation alimentaire et leur production de lait en temps réel, ce qui permet une approche plus précise et individualisée du rationnement énergétique. **(Kertz et al, 2016)**.

Les besoins énergétiques de la vache laitière dépendent de plusieurs facteurs, notamment son niveau de production laitière, son poids et son état physiologique.

En général, les besoins énergétiques augmentent avec le niveau de production laitière. Les vaches laitières ont également des besoins énergétiques plus élevés pendant les périodes de reproduction et de gestation.

Les besoins énergétiques sont généralement exprimés en termes d'Unités fourragères Lait (UFL) ou d'Unités fourragères nécessaires (UFN). L'UFL est une mesure de l'énergie digestible contenue dans l'alimentation, tandis que l'UFN est une mesure des besoins énergétiques de la vache. Le ratio UFL/UFN est utilisé pour évaluer si la ration alimentaire fournit suffisamment d'énergie pour répondre aux besoins de la vache laitière. (Johnson *et al*, 2020).

#### 4. Le rationnement protéique :

Le rationnement protéique est une autre composante importante du rationnement chez les vaches laitières. Les protéines sont essentielles pour la croissance et le maintien des tissus corporels, ainsi que pour la production de lait. Cependant, un excès de protéines dans l'alimentation peut être compensé et entraîner des problèmes environnementaux.

Besoins protéiques de la vache laitière Les besoins protéiques de la vache laitière dépendent de plusieurs facteurs, tels que le stade de lactation, la production de lait, le poids corporel et la qualité des protéines dans l'alimentation. (Boucher *et al*, 2021). Les besoins en protéines peuvent être évalués à l'aide de diverses méthodes, telles que l'analyse de la composition corporelle et les modèles mathématiques. (Smith, 2019).

Les sources de protéines dans l'alimentation des vaches laitières peuvent être classées en deux catégories principales : les sources de protéines de haute qualité et les sources de protéines de basse qualité. (Jones *et al*, 2018). Les sources de protéines de haute qualité proviennent généralement d'aliments concentrés tels que le soja, le tourteau de coton et le gluten de maïs, qui ont une composition en acides aminés essentiels plus complète. (Davis, 2017).

En revanche, les sources de protéines de basse qualité se trouvent dans les aliments grossiers comme la paille et le foin, qui ont une teneur en protéines plus faible et une digestibilité réduite. (Brown *et al*, 2016). Il est important de veiller à fournir un équilibre approprié de sources de protéines dans la ration alimentaire pour répondre aux besoins nutritionnels de la vache laitière. (Thompson, 2015).

Le rationnement protéique est généralement réalisé à l'aide de modèles mathématiques ou de logiciels de rationnement, qui prennent en compte les besoins

protéiques de la vache laitière ainsi que les sources de protéines disponibles. Lopez et al., 2019). Les modèles mathématiques peuvent être basés sur des équations de balance azotée, tandis que les logiciels de rationnement peuvent utiliser des données sur la composition des aliments pour formuler des rations équilibrées. (Huhtanen et al, 2017).

Pour les vaches laitières, le besoin en protéines (g PDI/j) est la somme des besoins en protéines pour les fonctions non productives, la croissance, , la production de lait et la gestation.(INRA, 2018).

$$\text{besPDI} = \text{besPDI\_NP} + \text{besPDI\_gain} + \text{besPDI\_PL} + \text{besPDI\_gest}$$

#### **4.1. les techniques de rationnement protéique chez la vache laitière :**

##### **A. Évaluation des protéines alimentaires :**

Il est essentiel d'évaluer correctement la qualité des protéines alimentaires pour optimiser le rationnement protéique de la vache laitière. Différentes techniques d'analyse peuvent être utilisées pour cela, telles que l'évaluation de la digestibilité des protéines dans l'intestin grêle, la mesure de la solubilité des protéines dans le rumen, ou encore l'évaluation de la dégradation des protéines dans le rumen. (Wattiaux, 2012).

##### **B. Évaluation des besoins en protéines :**

Les besoins en protéines de la vache laitière varient en fonction de divers facteurs tels que le stade de lactation, le niveau de production laitière, ou encore le niveau d'activité physique. L'évaluation précise de ces besoins est donc essentielle pour éviter une suralimentation ou une sous-alimentation protéique, ce qui peut avoir des conséquences négatives sur la santé et la production de la vache. (Sauvant et al, 2008).

##### **C. Formulation de rations protéiques équilibrées :**

Pour formuler une ration protéique équilibrée, il est nécessaire de prendre en compte à la fois les besoins en protéines de la vache et les sources de protéines disponibles. Différentes sources de protéines peuvent être utilisées, telles que le tourteau de soja, le tourteau de colza, le gluten de maïs, ou encore la luzerne déshydratée.

L'utilisation de ces sources de protéines doit être fournie en fonction de leur teneur en protéines, de leur digestibilité et de leur coût. **(Sauvant et al, 2008)**.

#### **D. L'utilisation d'additifs alimentaires pour améliorer l'utilisation des protéines :**

Différents additifs alimentaires peuvent être utilisés pour améliorer l'utilisation des protéines alimentaires par la vache laitière, tels que les enzymes de dégradation des protéines, les acides aminés ou encore les prébiotiques et probiotiques. Ces additifs peuvent aider à améliorer la digestibilité des protéines, à réduire les pertes d'azote dans les fèces et l'urine, et à augmenter la production de lait. **(Beauchemin et al, 2009)**.

#### **5. Le rationnement minéral et vitaminique:**

Le rationnement minéral et vitaminique est un aspect important de la nutrition des vaches laitières, car une carence en minéraux et vitamines peut avoir des effets bénéfiques sur la santé et la production laitière des vaches. **(Roussel et al, 2016)**.

Les besoins minéraux et vitaminiques des vaches laitières Les besoins minéraux et vitaminiques des vaches laitières varient en fonction de leur stade de production et de leur niveau de production laitière. Les principaux minéraux nécessaires sont le calcium, le phosphore, le magnésium, le potassium et le sodium, tandis que les principales vitamines sont la vitamine A, la vitamine D et la vitamine E. **(NRC, 2001)**.

Les sources de minéraux et de vitamines Les sources de minéraux et de vitamines pour les vaches laitières peuvent être fournies par l'alimentation, les suppléments minéraux et vitaminiques et les blocs à lécher. Les minéraux peuvent également être trouvés dans l'eau de boisson. **(Block et al, 2018)**.

Techniques de rationnement minéral et vitaminique Les techniques de rationnement minéral et vitaminique comprennent l'ajout de minéraux et de vitamines aux aliments concentrés et aux aliments pour animaux, l'utilisation de blocs à lécher et de suppléments minéraux et vitaminiques. **(Block et al, 2018)**.

L'ajout de minéraux et de vitamines aux aliments concentrés et aux aliments pour animaux est une méthode courante de rationnement minéral et vitaminique. Cela peut être

fait en utilisant des mélanges préparés commercialement ou en ajoutant des minéraux et des vitamines individuels au régime alimentaire. Les blocs à lécher et les suppléments minéraux et vitaminiques peuvent également être utilisés pour fournir des minéraux et des vitamines aux vaches laitières. Les blocs à lécher sont une source pratique et peu coûteuse de minéraux et de vitamines, tandis que les suppléments minéraux et vitaminiques peuvent être ajoutés directement à l'eau de boisson des vaches. (Hoffman *et al*, 2013).

### **5.1. les Techniques de rationnement minéral et vitaminique pour les vaches laitières:**

Il existe plusieurs technique notamment :

#### **a. Rationnement en fonction des besoins :**

Le rationnement en fonction des besoins consiste à fournir les quantités nécessaires de minéraux et de vitamines pour répondre aux besoins des vaches laitières. Les besoins de chaque vache dépendent de sa production de lait, de son poids, de son stade de lactation et d'autres facteurs individuels. Les formules de rationnement en fonction des besoins sont disponibles dans des manuels de nutrition animale, des logiciels de rationnement et des feuilles de calcul. (NRC, 2001).

#### **b. Rationnement en fonction de la composition des rations :**

Le rationnement en fonction de la composition des rations consiste à ajuster les quantités de minéraux et de vitamines en fonction de la composition de la ration. Par exemple, si une ration est riche en phosphore, la quantité de phosphore ajoutée sous forme de suppléments minéraux peut être réduite. Cette technique nécessite une analyse précise de la composition des rations et une connaissance approfondie des besoins nutritionnels des vaches laitières. (Hoffman *et al*, 2013).



**c. Rationnement en fonction de la disponibilité des minéraux dans les aliments :**

Le rationnement en fonction de la disponibilité des minéraux dans les aliments consiste à tenir compte de la teneur en minéraux des aliments inclus dans la ration. Certains aliments sont riches en minéraux, tandis que d'autres sont pauvres. En ajustant les quantités de minéraux ajoutés sous forme de suppléments minéraux, il est possible de répondre aux besoins des vaches laitières tout en évitant la suralimentation. (**Hoffman et al, 2013**).

**d. Supplémentation en libre-service :**

La supplémentation en libre-service consiste à fournir aux vaches laitières un accès libre aux blocs minéraux ou aux bols de suppléments. Cette technique est pratique car elle ne nécessite pas de mélange ou de distribution de suppléments par les éleveurs. Cependant, elle présente certains inconvénients, notamment le gaspillage de suppléments et le risque de suralimentation si les vaches consomment trop de minéraux ou de vitamines. (**Hoffman et al, 2013**).

**e . Supplémentation individuelle :**

La supplémentation individuelle consiste à fournir des suppléments minéraux et vitaminiques individuellement à chaque vache. Cette technique nécessite plus de travail que les autres techniques de rationnement, mais elle permet un contrôle précis des quantités de minéraux et de vitamines fournies à chaque vache. Elle peut être particulièrement utile pour les vaches ayant des besoins nutritionnels spécifiques ou pour les éleveurs qui cherchent à optimiser la production laitière de leur troupeau. (**Hoffman et al, 2013**).

**6. La prise en compte de la production laitière :**

La production laitière est un critère important à prendre en compte dans le rationnement des vaches laitières, car elle a un impact sur les besoins nutritionnels de l'animal. Les vaches laitières ont des besoins nutritionnels plus élevés que les vaches

destinées à la production de viande en raison de leur production laitière élevée. (Licitra *et al*, 1996). Par conséquent, le rationnement doit être ajusté en fonction de la quantité de lait produit par la vache.

#### **A. La prise en compte de la production laitière dans la formulation des rations:**

Pour établir une ration équilibrée pour une vache laitière, il est essentiel de prendre en compte la quantité de lait produit par l'animal. La quantité de lait produite par la vache est un facteur déterminant pour ajuster la quantité et la qualité de la ration alimentaire. (Van Amburgh *et al*, 1998). Les vaches laitières ont besoin d'une quantité suffisante d'énergie, de protéines, de minéraux et de vitamines pour soutenir leur production laitière élevée.

#### **B. L'ajustement des rations en fonction de la production laitière:**

Le rationnement doit être ajusté en fonction de la production laitière de la vache pour s'assurer que les besoins nutritionnels de l'animal sont satisfaits. Les besoins nutritionnels d'une vache laitière augmentent proportionnellement à la quantité de lait produit. (Licitra *et al*, 1996). Les rations doivent donc être ajustées en conséquence pour fournir une quantité suffisante d'énergie, de protéines, de minéraux et de vitamines pour répondre aux besoins de la vache.

#### **C. La surveillance de la production laitière pour ajuster les rations:**

La surveillance régulière de la production laitière est essentielle pour ajuster les rations en fonction de la production laitière de la vache. La production laitière peut varier en fonction de nombreux facteurs tels que la phase de lactation, la génétique, la saison, l'âge et la santé de la vache. (Keady et Murphy, 2013). Il est donc important de surveiller régulièrement la production laitière pour ajuster les rations en conséquence.

# **Chapitre 03**

**chapitre 03: Les outils de rationnement chez la vache laitière****Introduction aux outils de rationnement :**

Le rationnement est une étape importante dans la gestion alimentaire des animaux, car il permet d'optimiser la production tout en utilisant les coûts. Les outils de rationnement sont des aides qui permettent d'estimer les besoins nutritionnels des animaux en fonction de leur âge, de leur poids, de leur stade physiologique et de leur niveau de production. Ils permettent également de choisir les aliments qui répondent à ces besoins de manière efficace tout en respectant les contraintes économiques et environnementales.

Les outils de rationnement sont particulièrement importants pour la production laitière, car ils permettent de maximiser la production laitière tout en minimisant les coûts d'alimentation. **(Dann et Schofield, 2005).**

Les outils de rationnement peuvent être manuels ou assistés par ordinateur. Les outils manuels contiennent les tableaux de rationnement et les calculs manuels, tandis que les outils assistés par ordinateur contiennent les logiciels de rationnement et les applications mobiles.

Le choix d'un outil de rationnement dépend des besoins et des objectifs de l'exploitation, du niveau de technicité de l'éleveur et de la disponibilité des ressources informatiques. Les outils manuels sont plus simples à utiliser, mais ils sont moins précis que les outils assistés par ordinateur. Les logiciels de rationnement sont plus précis, mais ils perfectionnent des compétences informatiques et peuvent être éliminés. Les applications mobiles sont souvent moins coûteuses, mais elles sont moins précises que les logiciels de rationnement.

En résumé, les outils de rationnement sont des aides indispensables pour la gestion alimentaire des animaux, en particulier pour la production laitière. Les outils manuels sont simples à utiliser, mais moins précis que les outils assistés par ordinateur. Le choix d'un outil de rationnement dépend des besoins et des objectifs de l'exploitation, du niveau de technicité de l'éleveur et de la disponibilité des ressources informatiques.

L'objectif principal du rationnement chez la vache laitière est de fournir une alimentation équilibrée qui répond aux besoins nutritionnels de l'animal pour maintenir sa santé et sa production laitière maximale. Le rationnement vise à fournir la quantité appropriée de nutriments, tels que les glucides, les lipides, les protéines, les minéraux et les vitamines, pour répondre aux besoins spécifiques de la vache en fonction de son âge, de sa taille, de son stade de lactation et de son niveau d'activité. **(Goff *et al*, 1997).**

En outre, le rationnement vise à minimiser les coûts d'alimentation tout en maximisant la production laitière, ce qui est important pour les éleveurs laitiers qui cherchent à augmenter leurs marges bénéficiaires. Le rationnement peut également aider à prévenir les troubles métaboliques chez la vache, tels que la cétose et l'acidose, qui peuvent survenir en raison d'un déséquilibre nutritionnel. **(Shaver *et al*, 2001).**

Le choix des outils de rationnement dépend des objectifs spécifiques de l'éleveur, de la disponibilité des aliments, du coût des aliments et des niveaux de production laitiers attendus. Les outils de rationnement peuvent inclure des programmes informatiques, des tables de valeurs nutritionnelles, des équations mathématiques et des méthodes de calcul manuels. Quel que soit l'outil choisi, le rationnement doit être réévalué régulièrement pour s'assurer que les besoins nutritionnels de la vache sont satisfaits et que la production laitière est maintenue à un niveau optimal.

L'utilisation d'outils de rationnement est très importante pour les éleveurs de vaches laitières car elle permet de garantir une alimentation adéquate pour les animaux, en prenant en compte les besoins nutritionnels spécifiques de chaque vache en fonction de son stade de lactation, de son poids, de sa race, de son niveau de production laitière, et d'autres facteurs. **(Lammers *et al*, 2006).**

L'utilisation d'outils de rationnement peut également aider à optimiser la production laitière et à améliorer la santé et le bien-être des vaches. En effet, une alimentation équilibrée et adaptée aux besoins des vaches peut réduire les risques de problèmes de santé tels que les maladies métaboliques et les troubles digestifs. **(Knegsel *et al*, 2007).**

De plus, une alimentation adéquate peut augmenter la qualité et la quantité de la production laitière, ce qui peut avoir un impact positif sur la rentabilité de l'exploitation laitière. Enfin, l'utilisation d'outils de rationnement peut aider les éleveurs à minimiser les coûts d'alimentation en évitant le gaspillage de l'alimentation et en utilisant des aliments

moins qualifiés qui répondent toujours aux besoins nutritionnels des vaches. (*Hutjens, 2008*).

En somme, l'utilisation d'outils de rationnement est une pratique essentielle pour les éleveurs de vaches laitières, qui peut avoir un impact positif sur la santé et le bien-être des vaches, la qualité et la quantité de la production laitière, et la rentabilité de l'exploitation laitière.

### **1. L'Objectif du rationnement**

L'objectif principal du rationnement chez la vache laitière est de fournir une alimentation équilibrée qui répond aux besoins nutritionnels de l'animal pour maintenir sa santé et sa production laitière maximale. Le rationnement vise à fournir la quantité appropriée de nutriments, tels que les glucides, les lipides, les protéines, les minéraux et les vitamines, pour répondre aux besoins spécifiques de la vache en fonction de son âge, de sa taille, de son stade de lactation et de son niveau d'activité. (**NRC, 2001**).

En outre, le rationnement vise à minimiser les coûts d'alimentation tout en maximisant la production laitière, ce qui est important pour les éleveurs laitiers qui cherchent à augmenter leurs marges bénéficiaires. Le rationnement peut également aider à prévenir les troubles métaboliques chez la vache, tels que la cétose et l'acidose, qui peuvent survenir en raison d'un déséquilibre nutritionnel. (**Hoffman et al, 2013**).

Le choix des outils de rationnement dépend des objectifs spécifiques de l'éleveur, de la disponibilité des aliments, du coût des aliments et des niveaux de production laitières attendus. Les outils de rationnement peuvent inclure des programmes informatiques, des tables de valeurs nutritionnelles, des équations mathématiques et des méthodes de calcul manuels. Quel que soit l'outil choisi, le rationnement doit être réévalué régulièrement pour s'assurer que les besoins nutritionnels de la vache sont satisfaits et que la production laitière est maintenue à un niveau optimal.

### **2. Importance de l'utilisation d'outils de rationnement**

L'utilisation d'outils de rationnement est très importante pour les éleveurs de vaches laitières car elle permet de garantir une alimentation adéquate pour les animaux, en prenant en compte les besoins nutritionnels spécifiques de chaque vache en fonction de

son stade de lactation, de son poids, de sa race, de son niveau de production laitière, et d'autres facteurs. **(Lammers *et al*, 2006).**

L'utilisation d'outils de rationnement peut également aider à optimiser la production laitière et à améliorer la santé et le bien-être des vaches. En effet, une alimentation équilibrée et adaptée aux besoins des vaches peut réduire les risques de problèmes de santé tels que les maladies métaboliques et les troubles digestifs. **(Knegsel *et al*, 2007).**

De plus, une alimentation adéquate peut augmenter la qualité et la quantité de la production laitière, ce qui peut avoir un impact positif sur la rentabilité de l'exploitation laitière. Enfin, l'utilisation d'outils de rationnement peut aider les éleveurs à minimiser les coûts d'alimentation en évitant le gaspillage de l'alimentation et en utilisant des aliments moins qualifiés qui répondent toujours aux besoins nutritionnels des vaches. **(Hutjens, 2008).**

En somme, l'utilisation d'outils de rationnement est une pratique essentielle pour les éleveurs de vaches laitières, qui peut avoir un impact positif sur la santé et le bien-être des vaches, la qualité et la quantité de la production laitière, et la rentabilité de l'exploitation laitière.

### 3. Les différents types d'outils de rationnement

Il existe plusieurs types d'outils de rationnement pour les vaches laitières, allant des plus simples aux plus sophistiqués. Voici les principales catégories d'outils de rationnement :

#### 3.1. Rationnement manuel

Le rationnement manuel est la méthode la plus simple et la plus traditionnelle de rationnement des vaches laitières. Elle consiste à calculer la ration alimentaire de chaque animal individuellement, en utilisant des tables de composition alimentaire et des formules de calcul simples. Bien que cette méthode puisse être efficace dans certains cas, elle est souvent fastidieuse et sujette à des erreurs de calcul. **(Schwab *et al.*, 2006).**

Les outils de rationnement manuels sont des méthodes traditionnelles utilisées pour déterminer les rations alimentaires pour les vaches laitières. Les outils manuels sont souvent basés sur des tables de composition alimentaire et des recommandations de rationnement établies par des organismes professionnels. **(Chilibroste, P., & Rossini, L., 2009).**

L'un des outils manuels les plus courants est le système de pointage du lait corrigé. Cette méthode utilise la production laitière et le poids de la vache pour déterminer la quantité d'aliments nécessaires. Les points sont attribués à chaque élément de l'alimentation en fonction de leur contribution à la production laitière, puis sont additionnés pour déterminer la ration totale nécessaire. **(Chilibroste, P., & Rossini, L., 2009).**

Un autre outil de rationnement manuel est l'utilisation de tables de composition alimentaire, qui fournit des informations sur les nutriments présents dans les aliments couramment utilisés dans l'alimentation des vaches laitières. **(NRC, 2001).**

Les tables de composition alimentaire peuvent être utilisées pour établir des rations équilibrées en fonction des besoins nutritionnels des vaches. **(INRA, 2007).**



Cependant, les outils de rationnement manuels présentent certaines limites, notamment la capacité à tenir compte des variations individuelles des nutriments et des interactions complexes entre les nutriments. De plus, les tables de composition alimentaire peuvent être peu précises pour les aliments régionaux ou saisonniers. (Nozière *et al*, 2012).

Malgré ces limitations, les outils de rationnement manuels restent encore largement utilisés dans certaines régions du monde, en particulier dans les exploitations laitières de petite et moyenne taille.

#### **A. Tableaux de rationnement**

Les tableaux de rationnement sont des outils manuels qui permettent de déterminer les quantités de concentrés et de fourrages à fournir aux vaches laitières en fonction de leur niveau de production laitière, de leur poids et de leur stade physiologique (gestation ou lactation).

Les tableaux sont élaborés à partir de résultats expérimentaux de recherches attendues sur des vaches laitières. Ils sont donc adaptés aux conditions d'élevage et aux aliments disponibles dans la région où ils ont été développés.

Les tableaux de rationnement sont généralement organisés en fonction du niveau de production laitière de la vache (exprimé en kg de lait par jour) et de son poids (exprimé en kg). Ils donnent des quantités de concentrés et de fourrages à distribuer quotidiennement à la vache pour répondre à ses besoins énergétiques et protéiques. (Snoussi, M., *et al*, 2019).

Les tableaux de rationnement sont des outils pratiques pour les éleveurs qui n'ont pas accès à des outils informatiques ou qui ont des difficultés à les utiliser. Ils sont également utiles pour les petits troupeaux où il n'est pas rentable d'investir dans des outils informatiques. Cependant, ils ont l'inconvénient de ne pas pouvoir prendre en compte les différences individuelles entre les vaches du troupeau et les variations des conditions d'élevage. De plus, ils ne permettent pas d'optimiser la ration en fonction des prix des aliments et des objectifs de l'élevage. (Snoussi, M., *et al*, 2019).

## B. Calculs manuels

Les calculs manuels sont une autre technique de rationnement manuel. Ils impliquent la détermination des besoins en nutriments de la vache laitière en utilisant des équations mathématiques et des données de composition des aliments. Les calculs manuels peuvent être assez complexes et perfectionner une connaissance approfondie de la nutrition animale, ainsi que des compétences en mathématiques. **(Kohn et al, 2005).**

Les calculs manuels prévoient de connaître les besoins nutritionnels de la vache laitière en fonction de différents stades de lactation, de niveaux de production laitière et de conditions environnementales. Les besoins en nutriments peuvent être calculés à l'aide de formules mathématiques basées sur les données de composition des aliments et les exigences nutritionnelles de la vache laitière. Les calculs manuels peuvent être laborieux et prendre beaucoup de temps, mais ils permettent une personnalisation précise des rations alimentaires pour chaque vache laitière. Cette technique de rationnement est souvent utilisée par les éleveurs expérimentés et les nutritionnistes animaux qualifiés. **(Kohn et al, 2005).**

Cependant, les calculs manuels sont également sujets à l'erreur humaine et peuvent ne pas prendre en compte les changements dans la qualité des aliments. Par conséquent, l'utilisation d'outils de rationnement informatisés peut être plus précise et efficace.

### 3.2. Outils de rationnement assisté par ordinateur

Les outils de rationnement assisté par ordinateur sont des logiciels qui permettent de simplifier et d'automatiser le processus de rationnement. Ils utilisent des algorithmes perfectionnés pour calculer la ration optimale pour chaque animal en fonction de ses besoins nutritionnels et des aliments disponibles. Ces outils permettent également de prendre en compte les variations saisonnières dans les disponibilités et le prix des aliments. (Roy *et al*, 2019). Les outils de rationnement assistés par ordinateur ont gagné ces dernières années en raison de leur efficacité, de leur précision et de leur flexibilité. Ces outils permettent de prendre en compte un grand nombre de paramètres pour obtenir une ration optimale pour les vaches laitières. L'un des avantages des outils de rationnement assistés par ordinateur est qu'ils peuvent être adaptés aux besoins spécifiques de chaque ferme laitière. Les informations telles que le poids, la production laitière, la composition corporelle et les besoins nutritionnels sont saisies dans le système, qui ont ensuite créé une ration personnalisée pour chaque vache. (Rouel *et al*, 2012).

Les outils de rationnement assisté par ordinateur permettent également de faire des ajustements plus rapidement et plus facilement que les outils manuels. Les modifications peuvent être défavorisées à la ration en temps réel en fonction de facteurs tels que la qualité des aliments disponibles ou les changements de production laitière. (Rouel *et al*, 2012).

En outre, les outils de rationnement assistés par ordinateur peuvent être utilisés pour surveiller et suivre la consommation alimentaire des vaches, ce qui peut aider les éleveurs à détecter les problèmes de santé plus tôt.

Cependant, l'utilisation d'outils de rationnement assisté par ordinateur nécessite une formation et une compréhension de la part des éleveurs pour garantir une utilisation efficace et précise. Les coûts initiaux d'acquisition de ces outils peuvent également être plus élevés que ceux des outils manuels. (Rouel *et al*, 2012).

### A. Logiciels de rationnement

Les logiciels de rationnement sont des programmes informatiques spécialement conçus pour aider à équilibrer la ration alimentaire des vaches laitières. Ils prennent en compte les besoins nutritionnels de chaque animal en fonction de son stade physiologique, de son poids, de sa production laitière et d'autres facteurs.

Ces logiciels permettent également de prendre en compte les aliments disponibles dans l'exploitation agricole et de déterminer la ration la plus économique. Ils peuvent également aider à prévoir les coûts de l'alimentation pour la saison à venir. **(Delaby et Peyraud, 2010)**. Les logiciels de rationnement les plus avancés sont capables de suivre la production laitière de chaque vache individuellement et de modifier sa ration en conséquence. **(Shahinfar et al, 2015)**.

Les logiciels de rationnement sont des outils informatiques permettant d'optimiser la formulation des rations alimentaires pour les animaux d'élevage. Ces logiciels prennent en compte les besoins nutritionnels de chaque animal en fonction de différents paramètres tels que l'âge, le poids, le niveau d'activité, la production laitière, etc. Ils permettent également de tenir compte des coûts des différents aliments et des contraintes de disponibilité des matières premières. **(Casutt et al, 2019)**.

Les logiciels de rationnement offrent de nombreux avantages par rapport aux méthodes manuelles. Ils permettent une formulation précise et rapide des rations, en tenant compte des spécificités de chaque animal. De plus, ils permettent de simuler différents scénarios et d'optimiser les coûts tout en respectant les besoins nutritionnels des animaux. Enfin, ils traduisent la gestion des stocks de matières premières et permettent une traçabilité plus précise des aliments. **(Pereira et al, 2021)**.

Il existe une grande variété de logiciels de rationnement sur le marché, chacun avec ses propres fonctionnalités et interfaces. Certains logiciels sont spécifiques à une espèce animale ou à un stade de production particulier, tandis que d'autres sont plus généralistes. Parmi les logiciels les plus connus, on peut citer FeedExpert, WinFeed, AMTS, DairyPlan, etc. **(Castillo et al, 2020)**.

Cependant, l'utilisation des logiciels de rationnement nécessite une bonne compréhension de la nutrition animale et des principes de formulation des rations. De plus, il est important de veiller à la qualité des données entrées dans le logiciel, car des erreurs peuvent entraîner des résultats imprécis et affecter la santé et la performance des animaux. **(Pereira et al, 2021)**.

## **B. Applications mobiles de rationnement**

Les applications mobiles de rationnement sont une autre catégorie d'outils assistés par ordinateur qui permettent aux éleveurs de calculer les rations alimentaires de leurs animaux à partir de leur téléphone portable ou tablette.

Les applications mobiles sont souvent conçues pour être accessibles facilement et conviviales, offrant une gamme de fonctionnalités allant de la saisie des données de l'animal à la formulation de la ration et au suivi de la production laitière.

Les applications mobiles de rationnement sont particulièrement utiles pour les petits éleveurs qui n'ont pas accès à des outils de rationnement plus sophistiqués ou pour les éleveurs qui ont besoin d'une solution rapide et pratique lorsqu'ils sont sur le terrain.

Certaines applications de rationnement les plus populaires comprennent FeedWatch, Ration Advisor et TMR Tracker. FeedWatch, développé par le Dairy One Cooperative, est une application qui permet aux éleveurs de rationner leur troupeau et de suivre la production laitière à partir de leur téléphone portable ou tablette. **(Faulkner et al, 2016)**. Ration Advisor, développé par l'Université du Kentucky, est une application gratuite qui fournit aux éleveurs des recommandations de rationnement pour les vaches laitières, les bovins de boucherie et les chevaux. **(Williams et al, 2014)**. TMR Tracker, développé par Digi-Star LLC, est une application qui permet aux éleveurs de créer des recettes de mélange TMR et de les suivre au fil du temps. **(Digi-Star LLC, 2021)**.

Les applications mobiles de rationnement ont le potentiel d'améliorer l'efficacité et la précision du rationnement, en permettant aux éleveurs de suivre de près la consommation alimentaire et la production laitière, ainsi que de modifier rapidement les rations en fonction des besoins changeants de l'animal. Cependant, il est important de noter que les applications mobiles de rationnement ne remplacent pas la nécessité d'un

suivi régulier de la santé et de la condition corporelle des animaux, ainsi que de la qualité des aliments et de l'eau disponibles. (Williams *et al*, 2014).

### C. Les critères à considérer pour le choix d'un outil de rationnement

Le choix d'un outil de rationnement doit être fait en fonction de plusieurs critères. Voici les principaux critères à considérer :

**1. Les objectifs du rationnement :** L'outil de rationnement doit être choisi en fonction des objectifs de l'éleveur en matière de production laitière, de santé animale, de qualité du lait, etc. (Van Laar et Tamminga, 1995).

**2. La complexité du rationnement :** L'outil de rationnement doit être adapté au niveau de complexité du rationnement souhaité. Ainsi, pour des rations simples, un outil de rationnement manuel peut suffire, tandis que pour des rations plus complexes, un outil de rationnement assisté par ordinateur sera nécessaire. (Agabriel et Peyraud, 2013).

**3. La taille de l'élevage :** Pour les petites exploitations, un outil de rationnement manuel peut être suffisant, tandis que pour les grandes exploitations, un outil de rationnement assisté par ordinateur sera plus adapté. (Van Laar et Tamminga, 1995).

**4. Le coût de l'outil :** Le coût de l'outil de rationnement doit être pris en compte, en fonction des moyens financiers de l'élevage. Les outils de rationnement manuels sont généralement moins nécessaires que les outils de rationnement assistés par ordinateur (Agabriel et Peyraud, 2013).

**5. La fiabilité de l'outil :** La fiabilité de l'outil de rationnement est un critère important, afin de garantir des rations équilibrées et adaptées aux besoins des animaux. Il convient donc de choisir un outil de rationnement reconnu et validé. (Van Laar et Tamminga, 1995).

**6. La convivialité de l'outil :** La convivialité de l'outil de rationnement est également un critère important, afin de faciliter son utilisation par l'éleveur. Un outil de rationnement ergonomique et facile à utiliser sera plus adapté pour l'éleveur. (Agabriel et Peyraud, 2013).

En résumé, le choix d'un outil de rationnement doit prendre en compte les objectifs du rationnement, la complexité du rationnement, la taille de l'élevage, le coût de l'outil, la fiabilité de l'outil et la convivialité de l'outil. Il convient donc de choisir l'outil de rationnement le plus adapté à chaque situation. (**Van Laar et Tamminga, 1995 ; Agabriel et Peyraud, 2013**).

### **3.3. Outils de mesure des performances**

Les outils de mesure des performances sont des outils qui permettent de mesurer et de suivre les performances des vaches laitières, telles que la production de lait, la qualité du lait et la santé des animaux. Ces outils permettent de détecter rapidement les problèmes de santé ou de nutrition et de prendre les mesures appropriées pour y remédier. (**García et al, 2014**).

### **3.4. Outils de simulation**

Les outils de simulation sont des outils qui permettent de simuler différentes situations de rationnement pour évaluer leur impact sur la production et la santé des vaches laitières. Ils peuvent être utilisés pour évaluer l'effet de différentes stratégies de rationnement. (**Roy et al, 2019**).

En résumé, il existe plusieurs types d'outils de rationnement pour les vaches laitières, chacun ayant ses avantages et ses inconvénients. Les outils de rationnement assisté par ordinateur sont les plus sophistiqués et les plus efficaces, mais ils passent souvent un investissement initial important. Les outils de mesure des performances et de simulation sont également utiles pour optimiser le rationnement et maximiser la production de lait tout en garantissant la santé des animaux.

## **4. Les différentes méthodes de rationnement**

Le rationnement est une étape cruciale pour assurer une production laitière optimale chez les vaches. Il existe plusieurs méthodes de rationnement, chacune ayant ses avantages et ses inconvénients. Dans ce chapitre, nous aborderons les différentes méthodes de rationnement, en commençant par le rationnement traditionnel.

**A. Le rationnement traditionnel**

est basé sur l'estimation des besoins nutritionnels de la vache en fonction de son poids, de sa production laitière et de son stade de lactation. Les aliments sont ensuite sélectionnés pour répondre à ces besoins et sont offerts en quantités sélectionnées. Cette méthode peut être efficace si les besoins nutritionnels de chaque vache sont bien connus et si les aliments sont de qualité constante. Cependant, elle peut être difficile à mettre en place et nécessite une expertise approfondie. (**Gonzalez et al, 2012**).

**B. Le rationnement à base de fourrages**

Le rationnement à base de fourrages est une méthode qui vise à maximiser l'utilisation des fourrages dans la ration. Les fourrages sont généralement moins calculés que les concentrés, ce qui peut réduire les coûts d'alimentation. De plus, les fourrages peuvent avoir des avantages pour la santé digestive des vaches. Cependant, cette méthode nécessite une gestion constituée des stocks de fourrage pour s'assurer qu'il y a suffisamment de fourrage de qualité tout au long de l'année. (**Lammers et al, 2000**).

**C. Le rationnement à base de concentrés**

Le rationnement à base de concentrés consiste à offrir des aliments concentrés pour répondre aux besoins nutritionnels de la vache en plus des fourrages. Cette méthode peut être efficace pour maximiser la production laitière, mais elle peut être plus coûteuse que le rationnement à base de fourrages. De plus, un excès de concentrés peut causer des problèmes de santé chez les vaches, tels que des troubles digestifs et des troubles métaboliques. (**Vetharanim et al, 2017**).

**D. Le rationnement en pâturage**

Le rationnement en pâturage consiste à laisser les vaches brouter sur des pâturages, où elles peuvent se nourrir d'herbe fraîche. Cette méthode peut être économique, car elle utilise des ressources naturelles, mais elle peut être difficile à gérer en raison des variations saisonnières dans la disponibilité des pâturages et des variations individuelles dans la consommation d'herbe. (**Gregorini et al, 2012**).



### **E. Le rationnement basé sur les besoins individuels**

Le rationnement basé sur les besoins individuels utilise des technologies telles que la surveillance électronique pour suivre la consommation alimentaire et les besoins nutritionnels individuels des vaches. Cette méthode permet un rationnement personnalisé pour chaque vache en fonction de ses besoins individuels. Cependant, elle peut être coûteuse en termes de temps et de matériel. **(Miglior *et al*, 2009).**

En conclusion, il existe plusieurs méthodes de rationnement pour les vaches laitières, chacune ayant ses avantages et ses inconvénients. Le choix de la méthode de rationnement.

### **5. La ration de base et la ration ajustée**

La ration de base est la quantité d'aliments que chaque vache reçoit quotidiennement pour répondre à ses besoins de maintenance et de production laitière moyenne, sans tenir compte des variations individuelles de production et de besoins (Peyraud, 2011). Elle est calculée à partir des valeurs moyennes des besoins de la population de vaches laitières et des caractéristiques des aliments disponibles. **(Guilbert *et al*, 2016).**

Cependant, les vaches laitières ont des besoins individuels différents selon leur niveau de production, leur poids, leur stade physiologique, leur état de santé, etc. Pour répondre à ces besoins individuels, la ration de base peut être ajustée en fonction des objectifs de production et de la composition de la ration. **(Peyraud, 2011).**

L'ajustement de la ration de base peut se faire de deux façons : soit en ajustant les quantités d'aliments de la ration, soit en ajustant la composition de la ration (Guilbert *et al.*, 2016). Dans tous les cas, l'objectif est d'optimiser la consommation de la vache pour maximiser la production laitière tout en préservant sa santé et son bien-être. **(Peyraud, 2011).**

## 6. Les logiciels de rationnement

Les logiciels de rationnement sont des outils informatiques conçus pour aider les éleveurs à équilibrer la ration alimentaire de leurs animaux. Ils permettent d'optimiser les coûts de production et d'améliorer la qualité de la ration. Cette section explique les avantages de l'utilisation des logiciels de rationnement et les critères à considérer lors du choix d'un logiciel adapté à ses besoins. (González *et al*, 2016).

### 6.1. Avantages des logiciels de rationnement

Les logiciels de rationnement présentent de nombreux avantages pour les éleveurs, notamment . (Delaby *et al*, (2015):

- **La précision :**

Les logiciels de rationnement utilisent des algorithmes pour calculer la ration alimentaire la plus précise pour chaque animal en fonction de sa production laitière, de son poids, de son âge et d'autres facteurs. Cela permet d'éviter les carences ou les excès alimentaires qui peuvent nuire à la santé des animaux.

- **Le gain de temps :**

Les logiciels de rationnement permettent de gagner du temps en automatisant le processus de calcul de la ration. Les éleveurs peuvent ainsi effectuer plus de temps à d'autres tâches importantes, telles que la surveillance de la santé des animaux.

- **La flexibilité :**

Les logiciels de rationnement permettent de modifier rapidement et facilement la ration en fonction des changements de la production laitière ou de l'ajout de nouveaux aliments dans la ration.

- **L'optimisation des coûts :**

Les logiciels de rationnement permettent d'optimiser les coûts de production en utilisant les aliments les plus économiques tout en assurant une ration équilibrée.

## 6.2. Critères de choix d'un logiciel de rationnement

Il existe de nombreux logiciels de rationnement sur le marché, et il est important de choisir celui qui convient le mieux à ses besoins. Voici les critères à considérer lors du choix d'un logiciel de rationnement :

- **La précision :**

Il est important de choisir un logiciel de rationnement qui utilise des algorithmes précis pour calculer la ration. La précision est essentielle pour éviter les carences ou les excès alimentaires qui peuvent nuire à la santé des animaux.

- **La convivialité :**

Un logiciel de rationnement convivial et facile à utiliser permettra aux éleveurs de gagner du temps et de réduire le risque d'erreurs.

- **Les fonctionnalités :**

Certains logiciels de rationnement offrent des fonctionnalités supplémentaires, telles que la gestion de la production laitière et des stocks d'aliments. Il est important de choisir un logiciel qui offre les fonctionnalités dont vous avez besoin.

- **La compatibilité :**

Il est important de choisir un logiciel de rationnement compatible avec les systèmes informatiques et les équipements déjà en place dans la ferme.

- **Le coût :**

Les logiciels de rationnement ont des variables de coûts. Il est important de choisir un logiciel qui offre un bon rapport qualité-prix.

### 6.3. Logiciels de rationnement et leur rôle :

#### 1. AMTS (Agricultural Modeling and Training Systems) :

C'est un logiciel de rationnement très complet utilisé pour les bovins laitiers, les bovins viande, les ovins et les caprins. Il permet de concevoir des rations en prenant en compte les besoins nutritionnels des animaux, la composition des aliments disponibles et les objectifs de production. (Kebreab *et al*, 2012).

#### 2. CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System) :

C'est un logiciel de rationnement utilisé pour les bovins laitiers et les bovins viande. Il prend en compte la digestibilité des nutriments, les besoins en énergie et protéines, et la composition des aliments pour évaluer la valeur nutritionnelle de la ration. (Fox *et al*, 2004).

#### 3. INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) :

C'est un logiciel de rationnement utilisé pour les bovins laitiers et les viandes bovines. Il permet de concevoir des rations en fonction des besoins nutritionnels des animaux et des aliments disponibles, en prenant en compte la digestibilité des nutriments et les contraintes économiques. (Sauvant *et al*, 2008).

#### 4. KEA (Knowledge-based Expert System for Agriculture) :

C'est un logiciel de rationnement utilisé pour les bovins laitiers. Il utilise des données sur la composition des aliments et les besoins nutritionnels des animaux pour concevoir des rations adaptées à chaque situation. Il permet également de prévoir les effets de différents scénarios de rationnement sur la production laitière. (Huhtanen *et al*, 1999).

Chaque logiciel de rationnement a ses propres avantages et inconvénients en termes de fonctionnalités, de facilité d'utilisation et de coût. Il est important de considérer ces facteurs lors du choix d'un logiciel pour s'assurer qu'il répond aux besoins spécifiques de l'éleveur.

## **7. L'utilisation des tables de valeurs alimentaires**

Les tables de valeurs alimentaires fournissent des informations sur la composition chimique des aliments utilisés dans le rationnement. Les valeurs sont généralement exprimées en pourcentage de matière sèche, mais certaines tables peuvent également fournir des valeurs en pourcentage brut ou en poids frais. (Smith *et al*, 2014).

### **a. Composition des tables de valeurs alimentaires**

Les tables de valeurs alimentaires peuvent varier en termes de composition. Certaines tables fournissent des informations sur la composition en éléments nutritifs tels que les protéines, les lipides, les glucides, les fibres et les minéraux. D'autres tableaux peuvent fournir des informations plus détaillées, telles que les acides aminés et les acides gras individuels. (NRC, 2001).

### **b. Sources de données**

Les informations contenues dans les tables de valeurs alimentaires présentées de différentes sources. Certaines tables sont basées sur des données de laboratoire, où les échantillons d'aliments sont analysés pour leur composition chimique. D'autres tables sont basées sur des estimations, telles que des équations mathématiques qui jugent la composition en fonction de la composition moyenne des aliments similaires. (Smith *et al*, 2014).

### **c. Limitations des tables de valeurs alimentaires**

Les tables de valeurs alimentaires peuvent présenter des limitations. Les valeurs sont définies sur des échantillons spécifiques d'aliments et peuvent varier en fonction de la variété de l'aliment, de la saison, de l'emplacement et des pratiques agricoles. De plus, les interactions entre les aliments dans le rumen peuvent influencer la digestion et l'utilisation des nutriments, ce qui peut affecter les besoins en nutriments des animaux (NRC, 2001).

**d. Utilisation des tables de valeurs alimentaires**

Les tables de valeurs alimentaires peuvent être utilisées pour formuler des rations, évaluer la qualité des aliments et prédire les performances des animaux. Cependant, il est important de prendre en compte les limites des tables de valeurs alimentaires et de les utiliser en conjonction avec d'autres outils de rationnement pour maximiser l'efficacité du rationnement. (Smith *et al*, 2014).

# *Partie Expérimentale*

## *Partie Expérimentale*

---

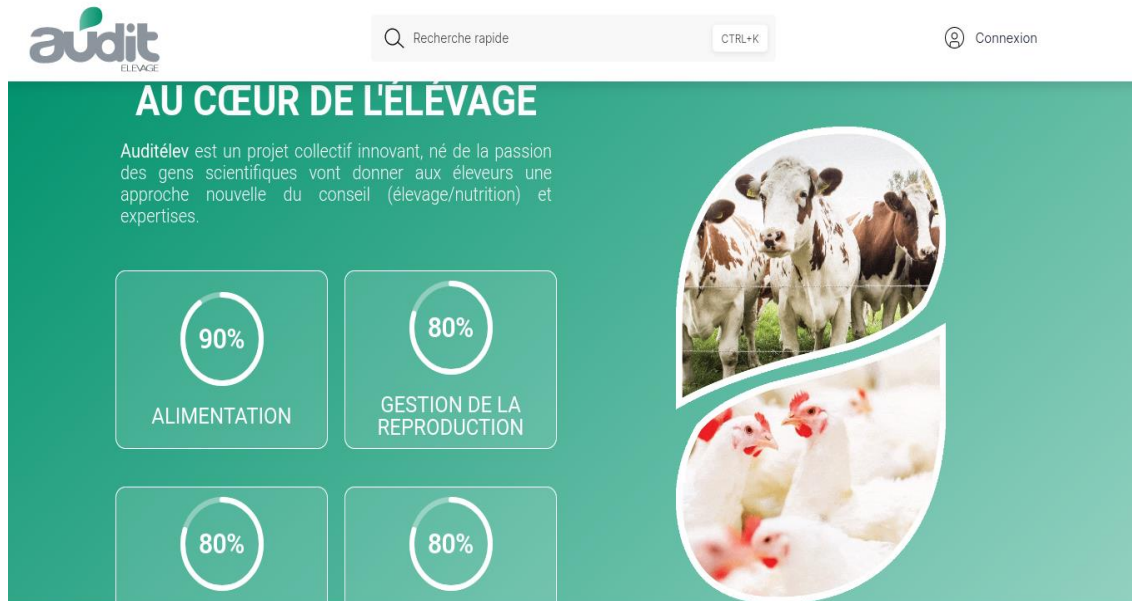
### **Introduction:**

Dans le contexte de l'élevage bovin laitier, le rationnement des vaches est d'une importance cruciale. Une alimentation équilibrée et adaptée est essentielle pour assurer leur bien-être, leur santé et leur productivité. Cependant, l'établissement d'un régime alimentaire optimal peut être complexe, car il dépend de nombreux facteurs tels que le stade de lactation, la production laitière, la qualité des fourrages disponibles, les besoins nutritionnels spécifiques, et bien d'autres encore.

C'est là qu'intervient l'application " Feed Me ", créée dans le but d'offrir aux éleveurs un outil pratique et efficace pour simplifier le processus de rationnement. Grâce à l'intégration des plugins Jet-Engine et Jet Form Builder, cette application permet de collecter et d'analyser les données individuelles de chaque vache, afin de générer des recommandations nutritionnelles personnalisées.

L'objectif de cette partie pratique de notre mémoire est de présenter en détail la plateforme Audit Élevage ainsi que l'application FEED ME et d'expliquer comment elle peut être utilisée par les éleveurs pour améliorer le rationnement des vaches laitières. Sachant que le rationnement des animaux est un volet souvent négligé par nos éleveurs laitiers. On explore les fonctionnalités offertes par l'application, telles que la saisie des données relatives à leur alimentation et à leur performance, ainsi que l'analyse automatique des informations pour générer des recommandations précises.





**Figure 10 :** la page d'accueil de la plateforme audit élevage pour les vaches laitières 2023

Cette partie pratique de notre mémoire explorera en détail les fonctionnalités et les avantages de cette application, dans le but de promouvoir une meilleure gestion de l'alimentation dans l'élevage bovin laitier.

## **1. Contexte et démarche**

### **1.1. Revue de la littérature**

La revue de la littérature joue un rôle essentiel dans la compréhension de l'alimentation de la vache laitière et des différentes méthodes de rationnement utilisées. Cette section se penche sur les études antérieures pertinentes et examine les principaux facteurs qui influencent les besoins nutritionnels des vaches laitières.

Les études antérieures ont démontré l'importance d'une alimentation équilibrée pour maximiser la production laitière et maintenir la santé des vaches laitières. Différentes approches de rationnement ont été développées et appliquées dans l'industrie laitière, notamment :

- Rationnement basé sur les besoins énergétiques : Cette méthode prend en compte les exigences énergétiques spécifiques de chaque vache laitière, en fonction de sa production laitière, de son poids corporel, de son stade de lactation, etc. Différentes équations et modèles ont été proposés pour estimer les besoins énergétiques des vaches laitières.
- Rationnement basé sur les besoins protéiques : Les protéines sont essentielles pour la production de lait et la santé globale de la vache laitière. Des recherches ont été adaptées pour déterminer les besoins protéiques spécifiques des vaches laitières en fonction de leur stade de lactation, de leur niveau de production laitière et d'autres facteurs.
- Approches basées sur la fibre : La teneur en fibres de l'alimentation des vaches laitières peut avoir un impact sur leur santé digestive et leur production laitière. Différentes stratégies ont été explorées pour équilibrer l'apport en fibres dans l'alimentation des vaches laitières, en tenant compte de la qualité des fourrages et de l'utilisation des suppléments.
- Approches basées sur les minéraux et les vitamines : Les besoins en minéraux et en vitamines varient en fonction de la phase de lactation et des autres exigences de la vache laitière.

Des études ont été adaptées pour déterminer les apports optimaux de minéraux et de vitamines dans l'alimentation des vaches laitières, afin de préserver leur santé et leur productivité.

En outre, la revue de la littérature met en évidence les principaux facteurs qui influencent les besoins nutritionnels des vaches laitières. Parmi ces facteurs, on peut citer :

- La production laitière : Les vaches produisant plus de lait ont généralement des besoins nutritionnels plus élevés pour soutenir leur production laitière.
- Le poids corporel : Le poids corporel de la vache laitière est un indicateur clé de ses besoins nutritionnels, car il est étroitement lié à son renforcé et à sa capacité à utiliser les nutriments.
- Le stade de lactation : Les besoins nutritionnels varient tout au long de la lactation, avec des exigences plus élevées pendant la phase de pic de lactation.
- La composition du lait : La composition en matière grasse, en protéines et en autres nutriments du lait peut influencer les besoins nutritionnels spécifiques des vaches laitières.

En résumé, cette revue de la littérature souligne l'importance de l'alimentation équilibrée pour les vaches laitières et met en évidence les différentes méthodes de rationnement et les facteurs clés à prendre en compte lors de la formulation des rations alimentaires. Ces connaissances serviront de base pour la conception et le développement de l'application de rationnement dans la partie pratique de cette mémoire.

## **2. Matériels et Méthodes**

### **A. Software**

L'application "Feed Me " : Cette application, basée sur WordPress et utilisant les plugins JetEngine et Jet Form Builder, a été spécialement conçue pour aider les éleveurs dans le processus de rationnement.

#### **1. Wordpress**

WordPress est un système de gestion de contenu (CMS) largement utilisé et populaire pour la création de sites web et d'applications en ligne. Il offre une plateforme conviviale et flexible, permettant aux utilisateurs de créer et de gérer leur propre site sans avoir besoin de compétences techniques approfondies en programmation.

L'une des principales raisons de choix de WordPress réside dans sa grande variété de thèmes et de plugins disponibles. Les thèmes sont des modèles visuels qui définissent l'apparence et la mise en page de votre site, tandis que les plugins ajoutent des fonctionnalités supplémentaires et des capacités spécifiques. Cela permet aux utilisateurs de personnaliser leur site selon leurs besoins et de l'adapter à leur domaine d'activité spécifique.

Il offre une plateforme puissante, polyvalente et conviviale qui permet aux utilisateurs de créer, de gérer et de personnaliser facilement leur présence en ligne.

WordPress se distingue par son interface intuitive et conviviale, qui permet à quiconque, même sans connaissances techniques avancées, de créer et de gérer son site web. Son éditeur de contenu simplifié permet de rédiger et de mettre en forme facilement des articles de blog, de créer des pages, d'ajouter des images et des vidéos, et d'organiser le contenu de manière efficace.

La flexibilité de WordPress est un autre avantage majeur. Avec des milliers de thèmes personnalisables disponibles, vous pouvez donner à votre site web l'apparence et la mise en page qui correspondent le mieux à votre style et à votre message.

De plus, la bibliothèque de plugins vous permet d'ajouter des fonctionnalités spécifiques à votre site, telles que des formulaires de contact, des galeries d'images, des fonctionnalités de commerce électronique et bien plus encore.

Enfin, WordPress bénéficie d'une communauté en ligne active et engagée, composée de développeurs, de concepteurs et d'utilisateurs prêts à partager leurs connaissances et à apporter leur soutien. Des forums de discussion, des groupes en ligne et des ressources abondantes sont disponibles pour résoudre les problèmes, répondre aux questions et rester à jour avec les dernières tendances de WordPress.

Pour cette application d'aide au rationnement des vaches laitières, nous avons utilisé WordPress comme base pour développer le site. Cela offre plusieurs avantages :

**1. Interface conviviale :**

WordPress propose une interface utilisateur intuitive qui facilite la gestion et la mise à jour de votre application sans nécessiter de compétences techniques avancées. Cela permet aux éleveurs de naviguer facilement sur votre site et d'utiliser l'outil de rationnement.

**2. Flexibilité et personnalisation :**

Grâce à la large gamme de thèmes et de plugins disponibles, vous pouvez personnaliser l'apparence de votre site pour le rendre attrayant et professionnel. Vous pouvez également ajouter des fonctionnalités spécifiques à l'outil de rationnement pour répondre aux besoins des éleveurs.

**3. Évolutivité :**

WordPress est conçu pour gérer des sites de toutes tailles, ce qui signifie que votre application peut se développer et s'adapter à mesure que votre audience et vos besoins augmentent. Vous pouvez ajouter de nouvelles fonctionnalités, améliorer la performance et gérer un trafic croissant sans problème.

#### **4. Communauté active :**

WordPress bénéficie d'une communauté en ligne dynamique et d'un vaste support, ce qui signifie que vous pouvez trouver des ressources, des tutoriels et des conseils pour vous aider dans le développement et la gestion de votre application. Des mises à jour régulières et des correctifs de sécurité garantissent également la stabilité de votre site.

##### ***1.1. L'utilisation de WordPress***

L'utilisation de WordPress est extrêmement répandue et diversifiée à travers le monde. Ce CMS polyvalent est utilisé dans de nombreux contextes, allant des blogs personnels aux sites web d'entreprises, des portfolios aux sites d'e-commerce, des sites d'actualités aux communautés en ligne, et bien plus encore. Voici un aperçu des utilisations les plus courantes de WordPress :

##### **1. Blogs personnels :**

WordPress a été initialement développé comme une plateforme de blogging, et il reste un choix populaire pour les blogueurs du monde entier. Les blogueurs apprécient la facilité d'utilisation de WordPress pour créer et gérer du contenu régulier, organiser les articles par catégories et tags, et interagir avec leurs lecteurs grâce aux commentaires et aux fonctionnalités sociales.

##### **2. Sites web d'entreprises :**

WordPress est largement utilisé par les petites, moyennes et grandes entreprises pour créer leur présence en ligne. Les entreprises utilisent WordPress pour présenter leurs produits ou services, partager des informations sur leur entreprise, fournir des informations de contact, et même vendre leurs produits en ligne grâce à des plugins d'e-commerce.

##### **3. Portfolios et sites personnels :**

De nombreux artistes, designers, photographes et professionnels créatifs utilisent WordPress pour créer leur portfolio en ligne. Les thèmes personnalisables permettent de mettre en valeur leur travail de manière visuellement attrayante, tandis que les fonctionnalités intégrées de gestion des médias facilitent la création de galeries d'images et de vidéos.

#### **4. Sites d'actualités et de magazines :**

Des sites d'actualités en ligne aux magazines spécialisés, WordPress offre des fonctionnalités puissantes pour la publication de contenu éditorial. Les fonctionnalités telles que la gestion des catégories, les balises, les flux RSS et les options de mise en page permettent de présenter les actualités et les articles de manière organisée et conviviale pour les lecteurs.

#### **5. Sites d'enseignement en ligne :**

WordPress est également utilisé dans le domaine de l'éducation pour créer des plateformes d'apprentissage en ligne. Les enseignants et les formateurs peuvent créer des cours en ligne, partager des ressources éducatives, interagir avec les étudiants et gérer le contenu pédagogique à travers des extensions et des thèmes dédiés à l'apprentissage en ligne.

#### **6. Sites communautaires :**

WordPress peut également être utilisé pour créer des sites communautaires, où les utilisateurs peuvent s'inscrire, partager du contenu, interagir les uns avec les autres, et participer à des forums de discussion. Des plugins spécifiques permettent d'ajouter des fonctionnalités de réseaux sociaux, de messagerie privée et de gestion des membres pour soutenir la communauté en ligne.

Ces exemples ne représentent qu'une petite fraction des utilisations de WordPress. La flexibilité, la facilité d'utilisation et la vaste bibliothèque de thèmes et de plugins font de WordPress un choix polyvalent pour de nombreux types de sites web. Quelle que soit l'industrie ou l'objectif, il y a de fortes chances que WordPress puisse répondre aux besoins de création et de gestion de contenu en ligne.

## **2. Jet Engine**

Jet Engine est un plugin puissant et polyvalent pour WordPress qui offre des fonctionnalités avancées de création de contenu personnalisé et de gestion de données. Avec JetEngine, les utilisateurs peuvent étendre les capacités de leur site web WordPress en créant des types de publication personnalisés, des champs personnalisés, des taxonomies, des listes de publication et bien plus encore. Voici quelques caractéristiques clés de Jet Engine :

### **1. Types de publication personnalisés**

Jet Engine permet aux utilisateurs de créer facilement des types de publication personnalisés, ce qui leur permet de structurer le contenu de manière flexible et adaptée à leurs besoins. Ils peuvent définir des attributs spécifiques pour chaque type de publication et organiser leur contenu de manière logique et cohérente.[Crocoblock, "JetEngine - Custom Post Types.]

### **2. Champs personnalisés avancés :**

Le plugin propose une large gamme de champs personnalisés avancés, tels que les champs de texte, les cases à cocher, les sélecteurs de date, les boutons radio, les listes déroulantes, les téléchargements de fichiers, les relations entre les types de publication, etc. Ces champs permettent aux utilisateurs de collecter, stocker et afficher des données personnalisées en fonction de leurs besoins spécifiques.[ Croco Block, "JetEngine - Meta Fields,.]

### **3. Taxonomies personnalisées :**

Jet Engine permet également de créer des taxonomies personnalisées, telles que des catégories et des étiquettes personnalisées, pour organiser et classer le contenu de manière plus précise. Les utilisateurs peuvent attribuer des termes spécifiques aux types de publication personnalisés, ce qui facilite la recherche, la navigation et la structuration du contenu.

[ Croco Block, "JetEngine - Taxonomies.]

### **4. Listes de publication dynamiques :**

Jet Engine propose des fonctionnalités avancées de création de listes de publication dynamiques. Les utilisateurs peuvent concevoir des mises en page personnalisées pour afficher les publications de manière esthétique et conviviale. Ils peuvent également filtrer et trier les publications en fonction de critères spécifiques, offrant ainsi une expérience de navigation plus intuitive et personnalisée pour les visiteurs du site.["Jet Engine - Dynamic Listings.]



## **5. Intégration avec d'autres plugins Jet :**

Jet Engine fonctionne en synergie avec d'autres plugins de la suite Jet de Croco Block, tels que JetElements, JetTabs, JetPopup, etc. Ces plugins offrent des fonctionnalités supplémentaires pour la création de pages, la gestion des onglets, les fenêtres contextuelles et bien d'autres aspects de la conception et de la fonctionnalité du site. [Crocoblock, "JetEngine Integration with JetPlugins.]

Jet Engine est un outil puissant qui donne aux utilisateurs de WordPress un contrôle total sur la création et la gestion de contenu personnalisé. Il offre des fonctionnalités avancées et une flexibilité accrue pour répondre aux besoins spécifiques de chaque site web.

## **3. Jet Form Builder**

JetForm Builder est un puissant plugin de création de formulaires pour WordPress. Il permet aux utilisateurs de concevoir et de gérer facilement des formulaires personnalisés pour collecter des informations, interagir avec les utilisateurs et automatiser des processus. Voici quelques fonctionnalités clés de Jet Form Builder :

### **1. Interface de création conviviale :**

Jet Form Builder offre une interface intuitive et conviviale pour la création de formulaires. Les utilisateurs peuvent simplement faire glisser et déposer les éléments de formulaire souhaités, tels que les champs de texte, les cases à cocher, les boutons radio, les menus déroulants, etc., et les personnaliser selon leurs besoins. Aucune compétence de codage n'est requise, ce qui rend le processus de création de formulaires rapide et facile. [ "Jet Form Builder .]

### **2. Types de formulaires personnalisés :**

Jet Form Builder permet aux utilisateurs de créer différents types de formulaires en fonction de leurs besoins spécifiques. Ils peuvent concevoir des formulaires de contact, des formulaires de demande de devis, des formulaires d'inscription, des formulaires de réservation, des sondages, des questionnaires, etc. Cela offre une grande flexibilité pour répondre à divers objectifs et scénarios d'utilisation.

[Croco Block, "Jet Form Builder - Custom Form Types.]

### **3. Validation et conditions avancées :**

Le plugin offre des fonctionnalités avancées de validation de formulaires pour s'assurer que les utilisateurs saisissent des informations correctes et complètes. De plus, JetForm Builder permet de configurer des conditions logiques pour afficher ou masquer certains champs de formulaire en fonction des réponses précédentes. Cela permet de créer des formulaires interactifs et dynamiques qui s'adaptent aux besoins spécifiques des utilisateurs.

[Crocoblock, "JetFormBuilder - Validation and Conditional Logic.]

### **4. Intégrations et automatisations :**

Jet Form Builder propose des intégrations avec d'autres services et outils populaires, tels que les services de messagerie électronique, les plateformes de marketing par e-mail, les outils de gestion de projet, les systèmes de paiement, etc. Cela permet aux utilisateurs de synchroniser facilement les données des formulaires avec d'autres applications et d'automatiser des actions spécifiques en fonction des réponses des utilisateurs.[Croco Block, "Jet FormBuilder - Integrations and Automations.]

### **5. Personnalisation avancée :**

Jet Form Builder offre une grande flexibilité pour personnaliser l'apparence et le style des formulaires. Les utilisateurs peuvent modifier les couleurs, les polices, les tailles, les marges, les bordures, etc., pour s'aligner sur l'identité visuelle de leur site web. Ils peuvent également ajouter des images, des icônes, des vidéos et d'autres éléments visuels pour rendre leurs formulaires plus attrayants et engageants.[ Croco Block, "Jet Form Builder - Advanced Customization.]

Jet Form Builder est un outil puissant qui permet aux utilisateurs de WordPress de créer facilement des formulaires personnalisés, interactifs et automatisés. Il offre une gamme complète de fonctionnalités pour répondre aux besoins spécifiques de collecte de données et d'interaction avec les utilisateurs.

## **B. Méthodes**

La méthodologie utilisée pour concevoir et développer l'application de rationnement repose sur l'utilisation de WordPress en tant que plateforme de développement, ainsi que les plugins JetEngine et JetForm Builder pour étendre les fonctionnalités de WordPress.

### **1. Installation de WordPress :**

La première étape consiste à installer WordPress sur un serveur. WordPress offre une interface conviviale et une flexibilité pour créer des sites Web et des applications. Par la suite nous avons installé les Plugins (JetEngine et JetForm Builder).

### **2. Configuration de JetEngine :**

JetEngine est un plugin puissant pour WordPress qui permet de créer des types de publication personnalisés, des champs personnalisés et des relations entre les données. Il est utilisé pour structurer les données liées à l'alimentation des vaches laitières, telles que les profils des vaches, les données de production laitière, les données sur le poids corporel, etc.

### **3. Création de formulaires avec JetForm Builder :**

JetForm Builder est un plugin de création de formulaires intuitifs et flexible pour WordPress. Il est utilisé pour créer des formulaires de saisie de données, tels que le profil de chaque vache laitière, les données de production laitière, etc. Ces formulaires permettent de collecter les informations nécessaires pour calculer les besoins de la vache.

### **4. Développement des algorithmes de rationnement :**

Sur la base des données fournies à l'aide de JetForm Builder, des algorithmes de rationnement spécifiques sont développés pour formuler les rations alimentaires.

Afin de créer cette application “ FEED ME “ basée sur le WordPress pour le rationnement des vaches, voici la méthode détaillée qui était utilisée dans le processus de construction :

### **1. Analyse des besoins :**

Il a commencé par une analyse approfondie des besoins de l'application. Puis il a identifié les fonctionnalités spécifiques requises pour le rationnement des vaches laitières, comme la gestion des rations, l'enregistrement des données de production et de santé des vaches, etc.

#### **➤ Création du CCT Fourrage et CCT Concentré :**

Utiliser JetEngine, pour créer le CCT (Custom Content Type) pour les fourrages et les concentrés. Jet Form Builder est un plugin WordPress qui permet de créer facilement des formulaires personnalisés. Concevez les formulaires de manière à ce qu'ils collectent toutes les informations nécessaires sur les types de fourrage et de concentré utilisés pour le rationnement des vaches.

### **2. Base de données**

Les données collectées à partir des formulaires Jet Form Builder seront stockées dans la base de données de WordPress sous forme de CCT.

### **3. Développement des algorithmes de rationnement**

Le développement des algorithmes de rationnement pour notre application a été une étape cruciale pour formuler des rations alimentaires équilibrées pour les vaches laitières. En utilisant les fonctionnalités de WordPress, JetEngine et JetForm Builder, nous avons pu concevoir des algorithmes spécifiques adaptés aux besoins nutritionnels des vaches.

L'un des principaux algorithmes utilisés dans notre application est celui qui calcule les quantités de fourrages et de concentrés nécessaires pour répondre aux besoins en nutriments des vaches laitières. Cet algorithme prend en compte les données pondérées

des vaches, telles que leur production laitière, leur poids corporel et leurs besoins nutritionnels spécifiques.

En utilisant les valeurs nutritionnelles des fourrages et des concentrés disponibles dans notre base de données, l'algorithme effectue des calculs précis pour déterminer les proportions optimales de chaque aliment dans la ration. Par exemple, il peut ajuster les quantités de fourrage et de concentration en fonction des besoins en UFL, PDIN et PDIE des vaches.

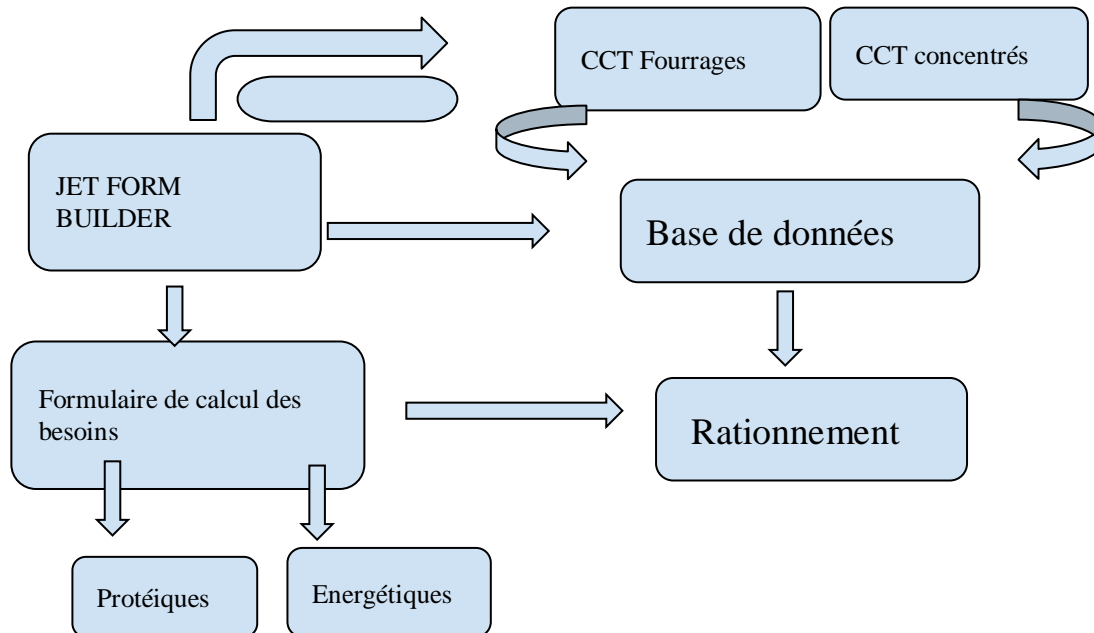
De plus, l'algorithme prend également en considération les contraintes et les recommandations spécifiques liées à l'alimentation des vaches laitières. Par exemple, il peut limiter la quantité de concentré ajouté pour éviter des déséquilibres nutritionnels ou des problèmes de santé chez les vaches. Il peut également ajuster les rations en fonction de la disponibilité saisonnière des fourrages et des contraintes économiques.

Pour garantir la précision et la fiabilité des résultats, nous avons intégré des mécanismes de validation dans notre algorithme. Ces mécanismes nécessitent la cohérence des données d'entrée, telles que les valeurs nutritives des fourrages et des concentrés, et effectuent des calculs croisés pour s'assurer que les rations répondent aux besoins nutritionnels des vaches de manière équilibrée.

En résumé, le développement des algorithmes de rationnement pour notre application s'appuie sur les fonctionnalités de WordPress, JetEngine et JetForm Builder. Ces algorithmes spécifiques ont été conçus pour formuler des rations alimentaires équilibrées en tenant compte des besoins nutritionnels des vaches laitières. Ils prennent en compte les données pondérées des vaches, les valeurs nutritives des fourrages et des concentrés, ainsi que les contraintes spécifiques de l'alimentation des vaches. Ces algorithmes nous permettent de fournir des recommandations précises et adaptées aux éleveurs de vaches laitières, contribuant ainsi à une gestion optimale de l'alimentation des animaux.

Selon vos objectifs et votre méthodologie spécifique, vous pouvez développer des algorithmes supplémentaires pour tenir compte d'autres critères nutritionnels, tels que les besoins protéiques, les exigences en fibres, les apports en minéraux et vitamines, etc.

Cet exemple illustratif vous donne une idée générale du processus de développement des algorithmes de rationnement.



**Figure 11** : Schéma simplifié expliquant le processus de fonctionnement de base et de la mise en marche de l'application FEED ME.

#### 4. Fonctionnalités supplémentaires :

En fonction des besoins spécifiques de l'application Feed Me, vous pouvez ajouter d'autres fonctionnalités telles que la génération de rapports, l'intégration avec des capteurs pour collecter des données en temps réel, etc. Utiliser des plugins ou développez des fonctionnalités personnalisées pour répondre à ces exigences.

### **3. Description des Formulaire Fourrage et concentré :**

Voici une description générales des cases disponibles dans ces deux formulaires :

#### **1. Recherche rapide :**

Cette case permet aux utilisateurs de rechercher rapidement des informations spécifiques dans la base de données de fourrages et de concentré . Ils peuvent saisir des mots-clés ou des critères de recherche pour trouver les résultats correspondants.

#### **2. Connexion :**

Cette case permet aux utilisateurs de se connecter à la plateforme. Ils peuvent saisir leurs identifiants de connexion (nom d'utilisateur et mot de passe) pour accéder à leur compte personnel et utiliser les fonctionnalités réservées aux utilisateurs connectés.

#### **3. Ajouter un fourrage ou un concentré :**

Cette case est utilisée pour ajouter de nouveaux types de fourrages à la base de données. Elle est composée des éléments suivants :

##### **a. Type :**

Cette case permet de sélectionner le type de fourrage parmi différentes options prédéfinies, telles que l'herbe, le foin, le maïs ensilage, etc. Cela permet de classer et d'organiser les fourrages en fonction de leurs caractéristiques.

##### **b. Code :**

Cette case permet de saisir un code unique ou un identifiant pour le fourrage. Il peut être utilisé pour faciliter la recherche ou la référence rapide du fourrage dans la base de données.

##### **c. Aliment :**

Cette case permet de saisir le nom ou la désignation spécifique du fourrage. Par exemple, il peut s'agir du nom de la variété d'herbe, du type de foin ou du nom commercial du produit.

##### **d. Valeurs nutritives du fourrage :**

Cette case permet de saisir les informations relatives à la composition nutritionnelle du fourrage, telles que la teneur en protéines, en fibres, en matières grasses, en minéraux, etc. Cela permet d'évaluer la qualité et l'apport nutritionnel du fourrage.

### Ajoutez un fourrage

Type	Type de Fourrage	Code *	Aliment *
Fourrage vert	Graminées	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Valeurs nutritives du fourrage

+ Nouvelle Valeur

AJOUTER

Figure 12 : Illustration de formulaire « Ajoutez Fourrage »

➤ **Voici une description des valeurs nutritives du fourrage et de concentré; composées des éléments suivants :**

#### 1. Matière sèche :

Cette valeur représente le pourcentage de matière sèche contenu dans le fourrage. La matière sèche est la partie non liquide du fourrage et comprend principalement les fibres et les nutriments.

#### 2. UFL (Unités Fourragères Lait) :

L'UFL est une mesure utilisée pour évaluer la valeur énergétique du fourrage pour les vaches laitières. Elle indique la quantité d'énergie digestible dans le fourrage et est utilisée pour calculer les rations alimentaires.

#### 3. UFV (Unités Fourragères Viande) :

L'UFV est une mesure similaire à l'UFL, mais utilisée spécifiquement pour les animaux destinés à la production de viande. Elle permet d'évaluer la valeur énergétique du fourrage pour ces animaux.



#### **4. PDIN (Protéines Digestibles dans l'Intestin permises par l'azote) :**

Le PDIN est une mesure de la quantité de protéines contenues dans le fourrage qui sont digestibles dans l'intestin de l'animal. Il est utilisé pour évaluer l'apport en protéines du fourrage dans la ration alimentaire.

#### **5. PDIE (Protéines Digestibles dans l'Intestin Permises par l'énergie) :**

Le PDIE est une mesure similaire au PDIN, mais il prend également en compte la digestibilité des protéines dans l'estomac de l'animal. Il représente la quantité de protéines du fourrage réellement utilisables par l'animal.

#### **6. P (Phosphore) :**

Cette valeur indique la teneur en phosphore dans le fourrage. Le phosphore est un élément essentiel pour la croissance, le développement et la santé des animaux.

#### **7. Ca (Calcium) :**

Cette valeur représente la teneur en calcium dans le fourrage. Le calcium est un minéral important pour la formation des os et des dents, la contraction musculaire et d'autres fonctions vitales.

#### **8. UEL (Unités d'Énergie Lait) sauf pour le fourrage et non pas le concentré :**

L'UEL est une mesure utilisée spécifiquement pour évaluer la valeur d'encombrement du fourrage pour les animaux laitiers.

Ces valeurs nutritives sont essentielles pour évaluer la qualité et l'adéquation du fourrage dans les rations alimentaires des animaux. Elles permettent de formuler des rations équilibrées et adaptées aux besoins spécifiques de chaque espèce et de chaque stade de production.

#### **4. Collecte de données**

La collecte de données pour notre mémoire de fin d'études sur l'alimentation de la vache laitière a été une étape cruciale. Nous avons utilisé des formulaires de collecte de données personnalisés créés par des outils technologiques tels que WordPress, JetEngine et JetForm Builder . Cela nous a permis de saisir facilement les informations relatives aux fourrages et concentrés utilisés dans l'alimentation des vaches laitières, ainsi que leurs valeurs nutritives. Les valeurs nutritives ont été obtenues à partir des tables INRA du livre INRA 2007, qui sont largement reconnues comme une référence fiable dans le domaine de la nutrition animale.

Nous avons veillé à prendre toutes les précautions nécessaires pour garantir la qualité et la validité des données nécessaires. On a effectué des contrôles réguliers pour vérifier la cohérence des données enregistrées. De plus, nous avons procédé à des validations croisées en comparant les résultats obtenus avec des études antérieures et des normes établies. Ces mesures nous ont permis d'assurer l'exactitude des données et la fiabilité de nos résultats.

La collecte de ces données précises et fiables a été essentielle pour formuler des rations alimentaires équilibrées dans cette application de rationnement. Elle nous a permis de comprendre les besoins nutritionnels spécifiques des vaches laitières et d'élaborer des recommandations adaptées pour leur alimentation.

En résumé, la collecte de données a été réalisée de manière méthodique et efficace, en utilisant des outils technologiques avancés. Les données pondérées sur les vaches laitières, ainsi que les valeurs nutritives des fourrages et concentrées, ont été reportées conformément aux protocoles éthiques et aux références scientifiques reconnues. Ces données de qualité ont constitué la base solide de notre étude sur l'alimentation de la vache laitière et ont servi à la création d'une application de rationnement efficace et précise.

## **5. Rationnement**

Voici une explication de cette étape :

**1. Intégration des données de la base de données :** Une fois que les formulaires ont été utilisés pour collecter les informations sur les aliments (fourrage et concentré), nous avons intégré ces données dans l'application de rationnement. Cela peut se faire en connectant la base de données de WordPress à l'application FEED ME ou en utilisant des requêtes spécifiques pour récupérer les données pertinentes.

### **2. Sélection des aliments pour la ration :**

Dans cette étape, l'application doit permettre à l'utilisateur de sélectionner les aliments disponibles dans la base de données pour composer la ration. Nous avons fourni des menus déroulants, des listes de sélection et des champs de recherche pour faciliter la sélection des aliments.

### **3. Calcul des valeurs nutritionnelles :**

Une fois que les aliments ont été sélectionnés, l'application va calculer les valeurs nutritionnelles de la ration. Ces calculs peuvent être effectués en utilisant les données nutritionnelles indiquées dans la base de données, telles que: MS/ UFL/PDIN/ PDIE, etc.

### **4. Vérification de l'équilibre de la ration :**

L'application va vérifier si la ration formulée satisfait aux besoins nutritionnels spécifiques des vaches laitières. Cela peut être réalisé en comparant les valeurs nutritionnelles calculées avec les recommandations et les critères définis, tels que les besoins énergétiques, les ratios protéine/glucide, les ratios calcium/phosphore, etc.

### **5. Ajustements de la ration :**

Si la ration n'est pas équilibrée, l'application permettra à l'utilisateur d'apporter des ajustements en modifiant les quantités des aliments sélectionnés. L'application peut également suggérer des alternatives d'aliments ou proposer des recommandations pour atteindre un équilibre nutritionnel optimal.

### **6. Génération du rapport de rationnement :**

Enfin, l'application va produire un rapport détaillé de la ration alimentaire recommandée. Ce rapport peut inclure la liste des aliments sélectionnés, les quantités recommandées, les valeurs nutritionnelles, les comparaisons avec les recommandations, etc. Il peut être présenté sous forme de tableau ou de document imprimable.

L'application est conviviale et intuitive, avec une interface utilisateur claire et des instructions explicites pour guider les utilisateurs tout au long du processus de rationnement.

L'objectif principal est de fournir une méthode facile et précise pour formuler des rations alimentaires équilibrées, en prenant en compte les besoins spécifiques des vaches laitières.

➤ **Prenons un exemple concret pour mieux comprendre le processus :**

Dans notre base de données, nous avons collecté des informations sur différents types de fourrage et de concentré, avec leurs noms, codes et valeurs nutritives. Voici un exemple simplifié :

Maintenant, supposons qu'un utilisateur utilise cette application de rationnement pour formuler une ration alimentaire pour une vache laitière spécifique; l'éleveur ait choisi les trois types de fourrage suivants :

**1. Sélection des aliments pour la ration :** L'utilisateur utilise l'interface de l'application pour sélectionner les aliments à inclure dans la ration; possibilité de choisir plusieurs fourrages disponibles.

**Fourrage 1 :**

- Quantité : 15 kg
- UFL : 0,8
- PDIN : 70 g
- PDIE : 50 g

**Fourrage 2 :**

- Quantité : 12 kg
- UFL : 0,6
- PDIN : 60 g
- PDIE : 40 g

**Fourrage 3 :**

- Quantité : 8 kg
- UFL : 0,9
- PDIN : 80 g
- PDIE : 60 g

**2. Calcul des valeurs UFL, PDIN et PDIE pour chaque type de fourrage :**

**1. Calcul des valeurs nutritionnelles :** L'application calcule automatiquement les valeurs nutritionnelles de la ration en utilisant les données fournies dans la base de données.

**Pour le fourrage 1 :**

- UFL :  $15 \text{ kg} * 0,8 \text{ UFL} = 12 \text{ UFL}$
- PDIN :  $15 \text{ kg} * 70 \text{ g PDIN} = 1050 \text{ g PDIN}$
- PDIE :  $15 \text{ kg} * 50 \text{ g PDIE} = 750 \text{ g PDIE}$

**Pour le fourrage 2 :**

- UFL :  $12 \text{ kg} * 0,6 \text{ UFL} = 7,2 \text{ UFL}$
- PDIN :  $12 \text{ kg} * 60 \text{ g PDIN} = 720 \text{ g PDIN}$
- PDIE :  $12 \text{ kg} * 40 \text{ g PDIE} = 480 \text{ g PDIE}$

**Pour le fourrage 3 :**

- UFL :  $8 \text{ kg} * 0,9 \text{ UFL} = 7,2 \text{ UFL}$
- PDIN :  $8 \text{ kg} * 80 \text{ g PDIN} = 640 \text{ g PDIN}$
- PDIE :  $8 \text{ kg} * 60 \text{ g PDIE} = 480 \text{ g PDIE}$

**2. Calcul du total des UFL, PDIN et PDIE :**

- Total des UFL :  $12 \text{ UFL} + 7,2 \text{ UFL} + 7,2 \text{ UFL} = 26,4 \text{ UFL}$
- Total des PDIN :  $1050 \text{ g PDIN} + 720 \text{ g PDIN} + 640 \text{ g PDIN} = 2410 \text{ g PDIN}$
- Total des PDIE :  $750 \text{ g PDIE} + 480 \text{ g PDIE} + 480 \text{ g PDIE} = 1710 \text{ g PDIE}$

**3. Comparaison avec les besoins de la vache :**

**Supposons que les besoins de la vache soient les suivants :**

- Besoins en UFL : 30 UFL
- Besoins en PDIN : 2500 g PDIN
- Besoins en PDIE : 1800 g PDIE

**Comparons les totaux obtenus avec les besoins de la vache :**

- UFL :  $26,4 \text{ UFL} < 30 \text{ UFL}$  (déficit de 3,6 UFL)
- PDIN :  $2410 \text{ g PDIN} < 2500 \text{ g PDIN}$  (déficit de 90 g PDIN)
- PDIE :  $1710 \text{ g PDIE} < 1800 \text{ g PDIE}$  (déficit de 90 g PDIE)

#### **4. Ajout de concentré pour combler le déficit :**

L'éleveur peut maintenant ajouter du concentré pour compenser le déficit. Les caractéristiques nutritionnelles du concentré doivent être prises en compte pour équilibrer la ration.

Par exemple, si le concentré a une valeur d'UFL de 1,2, une valeur de PDIN de 90 g et une valeur de PDIE de 70 g, l'éleveur peut calculer la quantité de concentré nécessaire pour combler le déficit.

- Pour combler le déficit d'UFL (3,6 UFL), l'éleveur doit ajouter  $3,6 \text{ UFL} / 1,2 \text{ UFL/kg} = 3 \text{ kg}$  de concentré.

- Pour combler le déficit de PDIN (90 g), l'éleveur doit ajouter  $90 \text{ g} / 90 \text{ g PDIN/kg} = 1 \text{ kg}$  de concentré.

- Pour combler le déficit de PDIE (90 g), l'éleveur doit ajouter  $90 \text{ g} / 70 \text{ g PDIE/kg} = 1,28 \text{ kg}$  de concentré.

En ajustant les quantités de fourrage et en ajoutant les quantités de concentré nécessaires, l'éleveur peut obtenir une ration alimentaire équilibrée qui répond aux besoins spécifiques de la vache laitière.

#### **→ reprenons l'exemple précédent :**

Supposons que pour combler le déficit identifié lors de l'évaluation des fourrages, l'éleveur ait besoin d'ajouter du concentré. Prenons les valeurs suivantes pour le concentré :

- **Concentré :**

- UFL : 1,2

- PDIN : 90 g

- PDIE : 70 g

❖ **D'après les calculs précédents, nous avons identifié les déficits suivants :**

- Déficit d'UFL : 3,6 UFL
- Déficit de PDIN : 90 g
- Déficit de PDIE : 90 g

❖

❖ **Maintenant, nous allons calculer la quantité de concentré nécessaire pour combler ces déficits :**

- Pour combler le déficit d'UFL (3,6 UFL), nous divisons ce chiffre par la valeur d'UFL du concentré (1,2 UFL/kg) :  $3,6 \text{ UFL} / 1,2 \text{ UFL/kg} = 3 \text{ kg}$  de concentré.

- Pour combler le déficit de PDIN (90 g), nous divisons ce chiffre par la valeur de PDIN du concentré (90 g PDIN/kg) :  $90 \text{ g} / 90 \text{ g PDIN/kg} = 1 \text{ kg}$  de concentré.

- Pour combler le déficit de PDIE (90 g), nous divisons ce chiffre par la valeur de PDIE du concentré (70 g PDIE/kg) :  $90 \text{ g} / 70 \text{ g PDIE/kg} = 1,29 \text{ kg}$  de concentré.

Donc, dans cet exemple, l'éleveur devrait ajouter 3 kg de concentré pour combler le déficit d'UFL, 1 kg de concentré pour combler le déficit de PDIN et 1,29 kg de concentré pour combler le déficit de PDIE.

En résumé, l'ajout de concentré dans la ration alimentaire permet de compenser les déficits nutritionnels identifiés dans les fourrages, en fournissant les nutriments manquants. Les quantités de concentré à ajouter sont calculées en fonction des déficits spécifiques et des valeurs nutritionnelles du concentré utilisé.



➤ **La sélection du concentré approprié pour la ration alimentaire des vaches laitières** dépend de plusieurs facteurs, tels que les besoins spécifiques des vaches, les ressources disponibles, les objectifs de production et les contraintes économiques. Voici quelques éléments à prendre en compte lors de la sélection du concentré :

### **1. Composition nutritionnelle :**

Le concentré doit fournir les nutriments nécessaires pour compléter les fourrages utilisés dans la ration. Il doit être riche en énergie, en protéines, en vitamines et en minéraux. La composition en nutriments doit être en accord avec les besoins spécifiques des vaches laitières, en tenant compte du stade de lactation, de la production laitière et d'autres facteurs individuels.

### **2. Valeurs nutritionnelles :**

Les valeurs d'UFL, de PDIN, de PDIE et d'autres nutriments clés doivent être qualifiées pour déterminer si elles correspondent aux besoins des vaches. Les données nutritionnelles du concentré, souvent fournies par le fabricant, peuvent être utilisées pour comparer différentes options et choisir celle qui convient le mieux.

### **3. Quantité:**

Il est important de s'assurer de la quantité adéquate de concentré. La proportion de concentré ne doit pas donc dépasser le 40% de la ration totale. Toute augmentation au-delà de cette proportion l'animale risque d'avoir métabolique et notamment les acidoses

### **Disponibilité et coût :**

La disponibilité du concentré sur le marché local ainsi que son coût doit également être pris en considération. Il peut être judicieux de rechercher des fournisseurs locaux ou régionaux pour réduire les coûts de transport et garantir une disponibilité régulière.

**voici un exemple pour illustrer la comparaison des valeurs nutritionnelles des concentrés avec les besoins spécifiques de vos vaches laitières :**

Supposons que vous ayez identifié les besoins nutritionnels suivants pour vos vaches laitières :

- Besoins d'UFL : 60 UFL par jour
- Besoins de PDIN : 1,5 kg par jour
- Besoins de PDIE : 1,2 kg par jour

Vous avez sélectionné deux concentrés potentiels, Concentré A et Concentré B, et vous avez annulé des valeurs nutritionnelles suivantes pour chaque concentré :

**Concentré A :**

- UFL : 0,9 UFL/kg
- PDIN : 70 g PDIN/kg
- PDIE : 60 g PDIE/kg

**Concentré B :**

- UFL : 1,2 UFL/kg
- PDIN : 80 g PDIN/kg
- PDIE : 65 g PDIE/kg

Pour évaluer si ces concentrés répondent aux besoins nutritionnels de vos vaches, vous pouvez effectuer les calculs suivants :

**1. Pour les besoins d'UFL :**

- Concentré A :  $60 \text{ UFL} / 0,9 \text{ UFL/kg} = 66,7 \text{ kg}$  de Concentré A nécessaire par jour
- Concentré B :  $60 \text{ UFL} / 1,2 \text{ UFL/kg} = 50 \text{ kg}$  de Concentré B nécessaire par jour

Dans cet exemple, le Concentré B répond mieux aux besoins d'UFL de vos vaches, car il faut une quantité moindre pour atteindre la quantité requise.

**2. Pour les besoins de PDIN :**

- Concentré A :  $1,5 \text{ kg} / 0,07 \text{ kg PDIN/g} = 21,4 \text{ kg}$  de Concentré A nécessaire par jour
- Concentré B :  $1,5 \text{ kg} / 0,08 \text{ kg PDIN/g} = 18,8 \text{ kg}$  de Concentré B nécessaire par jour

Dans cet exemple, le Concentré B répond mieux aux besoins de PDIN de vos vaches, car il faut une quantité moindre pour atteindre la quantité requise.

**3. Pour les besoins de PDIE :**

- Concentré A :  $1,2 \text{ kg} / 0,06 \text{ kg PDIE/g} = 20 \text{ kg}$  de Concentré A nécessaire par jour
- Concentré B :  $1,2 \text{ kg} / 0,065 \text{ kg PDIE/g} = 18,5 \text{ kg}$  de Concentré B nécessaire par jour

Dans cet exemple, le Concentré B répond mieux aux besoins de PDIE de vos vaches, car il faut une quantité moindre pour atteindre la quantité requise.

En analysant ces calculs, vous pouvez voir que dans cet exemple, le Concentré B semble mieux répondre aux besoins nutritionnels spécifiques de vos vaches laitières, car

il nécessite des quantités moins élevées pour atteindre les besoins d'UFL, de PDIN et de PDIE.

## **6. Les avantages**

Les avantages de cette application de rationnement pour les vaches laitières :

### **1. Précision et personnalisation :**

L'application permet de formuler des rations alimentaires précises et adaptées aux besoins individuels de chaque vache laitière. En prenant en compte des paramètres spécifiques tels que la production laitière, le poids corporel, l'âge et d'autres facteurs clés, elle génère des recommandations nutritionnelles personnalisées, ce qui optimise la santé, le bien-être et la productivité des vaches.

### **2. Gain de temps et d'efforts :**

Grâce à l'automatisation du processus de rationnement, l'application permet aux éleveurs de gagner du temps et d'économiser des efforts considérables. Elle simplifie la collecte des données, l'analyse des besoins nutritionnels et la formulation des rations, réduisant ainsi la charge de travail manuelle et les possibilités d'erreurs humaines.

### **3. Optimisation des ressources :**

L'application aide les éleveurs à optimiser l'utilisation des ressources alimentaires disponibles, telles que les fourrages et les concentrés. En générant des rations alimentaires équilibrées, elle permet de maximiser l'efficacité de la production laitière, de réduire le gaspillage et de minimiser les coûts liés à l'alimentation des vaches.

### **4. Suivi et ajustement facilités :**

Avec l'application, il est plus facile de suivre et d'ajuster les rations alimentaires au fil du temps. Les éleveurs peuvent enregistrer les données relatives à l'alimentation et à la performance des vaches, et l'application analyse ces informations pour fournir des recommandations mises à jour. Cela permet un suivi continu de la nutrition des vaches et la possibilité d'apporter des ajustements en fonction de leurs besoins changeants.

## **5. Prise de décision éclairée :**

L'application fournit aux éleveurs des informations précieuses pour prendre des décisions éclairées en matière de rationnement. Elle permet d'évaluer l'impact des différentes combinaisons d'aliments sur la performance des vaches, ce qui facilite la sélection des rations les plus appropriées pour maximiser la production laitière, maintenir la santé des vaches et optimiser les résultats économiques.

## **6. Centralisation des données**

L'application permet de centraliser les données relatives à l'alimentation des vaches laitières, ce qui facilite leur gestion et leur analyse. Les éleveurs peuvent accéder facilement aux informations pertinentes, effectuer des suivis à long terme et générer des rapports détaillés pour évaluer les performances individuelles des vaches, la consommation alimentaire et les résultats globaux de l'élevage.

## **7. Recommandations**

Dans le cadre de l'application de rationnement pour les vaches laitières, certaines recommandations sont essentielles, compte tenu du fait que l'application n'a pas encore été validée ni testée. Voici quelques recommandations clés :

### **1. Test de terrain :**

Il est primordial de réaliser des tests de terrain dans les fermes laitières réelles. Cela permettra de collecter des données supplémentaires, de confronter les recommandations de l'application aux résultats obtenus sur le terrain, et d'évaluer la précision et l'efficacité de l'application dans des conditions réelles.

## **2. Validation par des experts :**

Il est recommandé de faire évaluer l'application par des experts en nutrition animale, tels que des nutritionnistes spécialisés dans l'élevage bovin laitier. Leur expertise et leur retour d'expérience peuvent contribuer à améliorer la pertinence des recommandations formulées par l'application.

## **3. Amélioration continue :**

Il est important de prévoir un processus d'amélioration continue de l'application. Les retours des utilisateurs, les résultats des tests sur le terrain, ainsi que les avancées dans la recherche en nutrition bovine doivent être pris en compte pour optimiser l'application et garantir qu'elle reste à jour et pertinente au fil du temps.

## **4. Évaluation de la convivialité :**

Il est recommandé de mener des études sur la convivialité de l'application, en recueillant les avis des éleveurs et des utilisateurs potentiels. Cela permettra d'identifier d'éventuelles lacunes ou difficultés d'utilisation et d'apporter les ajustements nécessaires pour rendre l'application conviviale et facile à utiliser.

## **5. Formation des utilisateurs :**

Une formation adéquate des éleveurs et des personnels agricoles sur l'utilisation de l'application est essentielle. Des sessions de formation peuvent être organisées pour expliquer les fonctionnalités de l'application, l'interprétation des recommandations fournies et les bonnes pratiques en matière de rationnement des vaches laitières.

## **6. Suivi des performances :**

Il est recommandé de mettre en place un suivi régulier des performances des vaches laitières alimentées avec les rations générées par l'application. Cela permettra d'évaluer en continu les résultats obtenus, d'identifier les éventuels problèmes ou ajustements nécessaires,

## **7. Intégration avec d'autres systèmes et outils :**

L'application de rationnement peut être encore plus puissante si elle est intégrée avec d'autres systèmes et outils utilisés dans les fermes laitières. Par exemple, elle peut être intégrée avec les systèmes de gestion de troupeau existants, les dispositifs de collecte de données automatisés ou les outils de gestion de la production laitière. Cette intégration permettra une meilleure synchronisation des informations et une utilisation plus efficace des données disponibles.

### **Conclusion**

En résumé, cette application de rationnement offre des avantages professionnels considérables en termes de précision, d'efficacité, d'optimisation des ressources, de suivi, de prise de décision éclairée et de centralisation des données. Elle contribue à améliorer la gestion de l'alimentation des vaches laitières, favorisant ainsi des résultats positifs sur la santé, le bien-être et la productivité du troupeau.

En conclusion, l'application Feed Me, représente une avancée majeure dans le domaine du rationnement des vaches laitières. Elle offre aux éleveurs un moyen simple et efficace de gérer l'alimentation de leur troupeau, en tenant compte des besoins individuels de chaque animal.

En fin de compte, notre travail ouvre des perspectives prometteuses pour l'amélioration de l'alimentation des vaches laitières et pour une gestion plus efficace des exploitations agricoles. Nous espérons que cette application contribuera à l'amélioration globale du secteur de l'élevage laitier et incitera les éleveurs à adopter des pratiques d'alimentation plus précises et équilibrées.

Cependant, il reste des pistes d'amélioration et des travaux futurs possibles. Il serait bénéfique d'explorer davantage les possibilités d'intégration de nouvelles technologies, telles que l'Internet des objets, pour améliorer la collecte de données en temps réel et affiner les calculs de rationnement. De plus, des recherches supplémentaires pourraient être entreprises pour adapter l'application à des systèmes de production spécifiques et pour évaluer son impact économique à plus grande échelle.



## Références

---

### Références

- Agabriel, J., & Peyraud, JL. Les outils d'aide à la formulation de rations pour les ruminants : état des lieux et perspectives. INRA productions animales, 26(2), 2013 , p. 171-186.
- Baratte, C., & Delaby, L. Le rationnement des vaches laitières. Éditions France Agricole, 2015.
- Beauchemin, KA, Yang, WZ et Rode, LM . Effets de la transformation des grains d'orge sur l'étendue de la digestion et de la production de lait des vaches en lactation nourries avec des régimes contenant des grains d'orge. Journal of Dairy Science, 93(11), 2010, p. 5268-5278.
- Bauman, DE, & Griinari, JM . Régulation nutritionnelle de la synthèse des matières grasses du lait. Revue annuelle de la nutrition, 23, 2003 , 203-227.
- Beauchemin, KA, McGinn, SM et McAllister, TA. Utilisation d'extrait de tanin condensé d'arbres quebracho pour réduire les émissions de méthane du bétail. J. Anim. Sci. 87(12), 2009 , p. 3817-3825.
- Beauchemin KA, Yang WZ. Effets des fibres physiquement efficaces sur l'apport, l'activité de mastication et l'acidose ruminale chez les vaches laitières nourries avec des régimes à base d'ensilage de maïs. J Dairy Sci. 2005;88(6):2117-29.
- Blanc, J., Agabriel, J., & Baumont, R. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Editions France Agricole. 2017.
- Block, E., Garcia, M., Erickson, P. et al. Minerals for Grazing Ruminants in South Central United States. Texas A&M AgriLife Extension Service, 2018.
- Block, E. Manipulation du contenu minéral alimentaire pour atténuer l'impact négatif du stress thermique sur la production et la santé des vaches laitières. Journal international des sciences laitières, 2010., 5:11-21.
- Boucher, J.L. et al. . Protein requirements of lactating dairy cows: A systematic review. Journal of Dairy Science, 104(1), 2021, p. 1-23.

## *Références*

---

- Brown, A. Protein and amino acid nutrition of dairy cows. *Animal Production Science*, 56(12), 1947-1955. (2016).
- Bauman, D. E., & Currie, W. B. . Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *Journal of dairy science*, 63(9), 1980, p. 1514-1529.
- Castillo, AR, Kebreab, E., Beaver, DE, Barbi, JH, Sutton, JD et Kirby, JK . L'effet des protéines alimentaires sur les schémas d'excrétion d'azote et la composition du fumier chez les vaches laitières. *Journal of Dairy Science*, 83(3), 2000 , p. 722-729.
- C. Benchaar, C. Pomar et L. Chiquette. Évaluation des stratégies alimentaires pour réduire la production de méthane chez les ruminants : une approche de modélisation. *Journal canadien des sciences animales* 81(4):2001, p. 563-574.
- Chilbroste, P., & Rossini, L. Rationnement des bovins laitiers. Institut national de recherche agronomique (INRA), 2009.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., & Doreau, M. Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livestock production science*, 70(1-2), 2001, p. 31-48.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., & Doreau, M. Effet de différents types de fourrages, de graisses animales ou d'huiles marines dans l'alimentation des vaches sur la sécrétion et la composition des matières grasses du lait, en particulier l'acide linoléique conjugué (CLA) et les acides gras polyinsaturés. *Science de la production animale*, 2001, 70(1-2), 31-48.
- Chilliard Y, Ferlay A, Doreau M. Digestion et métabolisme des graisses alimentaires chez les animaux de ferme. *Br J Nutr*. 2000;84 Suppl 2:S1-20.
- CNRC . Besoins en éléments nutritifs des bovins laitiers, 7<sup>e</sup> édition. Presse de l'Académie nationale, 2001.

## *Références*

---

- CNRC . Besoins en nutriments de l'animal. Besoins en nutriments des ruminants. Institut canadien de recherche sur l'alimentation des animaux, 2001.
- CNRC. Besoins en éléments nutritifs des bovins laitiers. Septième édition révisée. Presse de l'Académie nationale, Washington, DC, 2001.
- CNRC. Besoins en éléments nutritifs des bovins laitiers (7e éd.). Presse des académies nationales, 2001.
- CNRC. Besoins en éléments nutritifs des bovins laitiers. Presse des académies nationales, 2001.
- CNRC. Besoins en éléments nutritifs des bovins laitiers. Presse des académies nationales, Washington, DC.2001.
- CNRC , Besoins en éléments nutritifs des bovins laitiers (7e éd.). Washington, DC : Presse de l'Académie nationale, 2001.
- CNC. Manuel de référence sur la nutrition des bovins laitiers. Centre de référence sur la nutrition des bovins laitiers. Consulté le 12 avril 2023, à l'adresse <http://www.crnd.la-pocatiere.com/wp-content/uploads/2016/08/manuel-nutrition-crnd-2016.pdf>. 2016.
- CNRC. Besoins en éléments nutritifs des bovins laitiers. 7e édition révisée. Presse de l'Académie nationale, 2001.
- CNRC. Besoins en éléments nutritifs des bovins laitiers. Presse des académies nationales, 2001.
- CNRC. Exigences nutritionnelles des bovins laitiers (7e éd.). Presse de l'Académie nationale., 2001.
- Conseil National de Recherche. Besoins nutritionnels des vaches laitières. 7e rév. éd. Presse des académies nationales, 2001.

## *Références*

---

- Conseil National de Recherche. Exigences nutritionnelles des bovins laitiers (7e éd.). Presse de l'Académie nationale. 2001.
- Conseil National de Recherche. Besoins en éléments nutritifs des bovins laitiers. 7e rév. éd. Presse des académies nationales. 2001.
- Conseil National de Recherche. Besoins en éléments nutritifs des bovins laitiers : septième édition révisée. La presse des académies nationales, 2001.
- Conseil National de Recherche. Besoins en éléments nutritifs des bovins laitiers (7e éd.). Presse de l'Académie nationale. 2001.
- Conseil national de recherches. Besoins en éléments nutritifs des bovins laitiers, 7e rév. éd. Presse de l'Académie nationale, Washington, DC. 2001.
- Conseil National de Recherche. Besoins en éléments nutritifs des bovins laitiers : septième édition révisée, 2001. National Academies Press. 2001.
- Conseil National de Recherche. (2001). Exigences nutritionnelles des bovins laitiers (7e éd.). Washington, DC : Presse de l'Académie nationale.
- Conseil National de Recherche. (2001). Besoins en éléments nutritifs des bovins laitiers (7e éd.). Presse des académies nationales.
- Conseil national de recherches (CNRC). (2001). Besoins en éléments nutritifs des bovins laitiers (7e éd.). Presse des académies nationales.
- Constable, P. D., Hinchcliff, K. W., Done, S. H., & Grünberg, W. (2017). Veterinary medicine: A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats (11th ed.). Saunders Ltd.
- Davis, CG, Drackley, JK et Reynolds, CK (1999). Adaptation de la gluconéogenèse hépatique et de l'absorption de glucose chez les vaches allaitantes et non allaitantes. Journal of Dairy Science, 82(11), 2417-2428.

## *Références*

---

- Dann, HM et Schofield, JD . Gestion nutritionnelle des vaches laitières en transition : stratégies pour optimiser la santé métabolique. *Journal des sciences laitières*, 88(suppl\_1), E9-E18.2005.
- Davis, R.K. *Feeding dairy cows: A practical guide*. Springer Science & Business Media. 2017.
- DeVries, T. J., & Beauchemin, K. A. *Ruminant nutrition: dairy cows, veal calves, beef cattle, sheep, goats, deer*. University of Guelph.2007.
- DeVries TJ, Beauchemin KA. Effets dose-réponse du concentré alimentaire sur la fermentation ruminale et la production de lait chez les vaches laitières en lactation. *J Dairy Sci*. 2007;90(5):2180-95.
- Delaby, L. et Peyraud, JL. La ration alimentaire de la vache laitière : un équilibre délicat entre besoins et ressources. *INRA Productions Animales*, 23(4), 2010, p. 323-332.
- Dijkstra, J., Forbes, J. M., & France, J. (Eds.), *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism* (pp. 75-94). CABI Publishing.
- Drackley, JK. Bourse d'études de la Fondation ADSA. Biologie des vaches laitières pendant la période de transition : la dernière frontière ?. *Journal of Dairy Science*, 1999, 82(11),p. 2259-2273.
- Drackley, JK . *Nutrition du veau de la naissance à l'élevage*. Cliniques vétérinaires d'Amérique du Nord : Pratique des animaux destinés à l'alimentation,1999.
- D. Sauvant, J. Van Milgen, P. Faverdin, N. Friggens et P. Schmidely. 2008. *Tables INRA 2007*. Editions Quae, France.
- En ligne Drackley, JK .Gestion de l'alimentation des veaux et des génisses pour les performances de reproduction futures. *Les cliniques vétérinaires d'Amérique du Nord*. Pratique des animaux destinés à l'alimentation,2008, 24(1), 103–120.  
<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.10.003>

## *Références*

---

- Firkins, JL, et al. Besoins en éléments nutritifs des bovins laitiers (7e éd.). Presse des académies nationales.2001.
- Faulkner, MJ, Fadden, AN, Godden, SM, Royster, E., & Johnson, LM (2016). Validation d'un outil de formulation de ration (FeedWatch) pour génisses laitières. *Journal of Dairy Science*, 99(5), 3865-3871.
- Fox, DG, et al.. Cornell Net Carbohydrate and Protein System : un modèle pour l'alimentation de précision des bovins laitiers. *Science et technologie de l'alimentation animale* , 2004, 112(1-4), 29-78.
- Giallongo, F., Harper, M. T., Oh, J., & Lopes, J. C.Nutrition and microbiota in dairy calves: opportunities to influence early-life gut development and health. *Journal of Dairy Science*, 2018, 101(6), 4762-4779.
- González, LA, Manteca, X., & Calsamiglia, S. Avancées de la recherche sur la nutrition des ruminants et applications pratiques. Éditeurs universitaires de Wageningen.(2016).
- Goff, JP, & Horst, RL. Modifications physiologiques à la parturition et leur relation avec les troubles métaboliques. *Journal of milking science*, 1997, 80(7), 1260-1268.
- Goff, J. P. Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid-base and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status. *Journal of Dairy Science*, 2008, 91(7), 2676-2685.
- Goff, JP. Minéraux pour les vaches en lactation : un examen de l'interaction des minéraux et de la santé des bovins. *Science et technologie de l'alimentation animale*, 2006, 126(3-4), 261-274.
- Grummer, R. R. Lipids and lipid metabolism in ruminants. In St. Pierre, N. R. (Ed.), *Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction* , 2018, (pp. 229-262). Wiley-Blackwell.
- Guilbert, H., Lherm, M., & Rémond, B.Alimentation des bovins, ovins et caprins. France agricole éditions, 2016.

## *Références*

---

- Hoffman, P.C., Combs, D.K., Griel, L.C., Crooker, B.A. . Rations for Dairy Cattle: Ruminant Nutrition Series. University of Wisconsin-Extension. 2013.
- Hristov AN, Oh J, Firkins JL, Dijkstra J, Kebreab E, Waghorn G, et al. Sujets spéciaux -- Atténuation des émissions de méthane et d'oxyde nitreux provenant des exploitations animales : I. Un examen des options d'atténuation du méthane entérique. *J Anim Sci.* 2013;91(11):5045-69.
- Huntington, GB . Utilisation de l'amidon par les ruminants : de l'essentiel à la couchette. *Journal of Animal Science*, 1997, 75(3), 852-867.
- Huntington GB. Utilisation de l'amidon par les ruminants : de l'essentiel à la couchette. *J Anim Sci.* 1997;75(3):852-67.
- Huhtanen, P., et al. Système expert basé sur la connaissance pour le rationnement des vaches laitières. *Sciences agricoles et alimentaires*, 1999, 8(3), 319-333.
- Hutjens, MF . Équilibrage des rations : les bases. Extension de l'Université de l'Illinois. [https://extension.illinois.edu/sites/default/files/ihmm/rb\\_basics.pdf](https://extension.illinois.edu/sites/default/files/ihmm/rb_basics.pdf)(2008).
- Huhtanen, P. et al. Evaluation of feeding strategies in dairy cattle using empirical and mechanistic models. *Journal of Dairy Science*, 2017, 100(1), 536-550.
- INRA (Institut National de la Recherche Agronomique). Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux - Valeurs des aliments. INRA Editions.2007.
- INRAE (Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement). . Alimentation des bovins, ovins et caprins : Besoins des animaux - Valeurs des aliments. Editions Quae.(2018).
- Jenkins TC, Harvatine KJ. Alimentation lipidique et dépression des matières grasses du lait. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2013;29(2):427-40.
- Jenkins, TC, Wallace, RJ, Moate, PJ et Mosley, EE . Révision invitée par le Conseil : Progrès récents dans la biohydrogénation des acides gras insaturés dans l'écosystème microbien du rumen. *Journal of Animal Science*, 2008, 86(2), 397-412.

## *Références*

---

- Jenkins, TC et McGuire, MA . Avancées majeures en nutrition : impact sur la composition du lait. *Journal of Dairy Science*,2006. 89(4), 1302-1310.
- Jenkins TC, Harvatine KJ. Alimentation lipidique et dépression des matières grasses du lait. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2013;29(2):427-40.
- Jenkins, TC, et al. Note technique : Estimation du rendement en matières grasses du lait à partir du rendement en protéines du lait chez les vaches laitières. *Journal of Dairy Science*, 2008, 91(7), 2759-2761.
- Jones, R.B. et al. Protein nutrition of dairy cows: A review. *Journal of Dairy Science*, 2018, 101(12), 1-19.
- Johnson, S.E. et al. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academies Press. 2020.
- KA Beauchemin, SM McGinn et TA McAllister. Utilisation d'extrait de tanin condensé d'arbres quebracho pour réduire les émissions de méthane du bétail. *Journal of Animal Science*, 2009, 87(12):3817-3825.
- Keady, TWJ et Murphy, JJ. Stratégies pour augmenter l'efficacité de la production laitière. *Animaux*, 2013, 7(s2), 40-48.
- Kebreab, E., et al. Développement, mise en œuvre et évaluation d'un modèle laitier à l'échelle de la ferme pour évaluer les émissions de gaz à effet de serre. *Journal des sciences laitières*, 2012, 95(5), 2465-2480.
- Kertz, AF. Symposium : Nutrition et gestion des vaches en transition. *Journal of Dairy Science*, 1991, 74(12), 4167-4181.
- Kertz, AF, et al. L'élevage laitier de précision : technologie et avenir de l'industrie laitière. *Journal of Dairy Science*, 2016, 99(8), 5943-5964.
- Knegsel, ATMV, Kemp, B., & van den Brand, H. Source d'énergie alimentaire et bilan énergétique chez les vaches laitières en lactation. *Le journal vétérinaire*, 2007, 173(2), 195-213.



## *Références*

---

- Kolver, ES, et al. Prédiction de la prise alimentaire, de l'activité de mastication et de la digestibilité chez les vaches laitières en lactation. *Journal of Dairy Science*, 2000, 83(7), 1598-1611.
- Lammers, BP, Buckmaster, DR et Heinrichs, AJ. Une méthode simple pour l'analyse de la taille des particules des aliments concentrés courants et des rations mélangées totales. *Journal des sciences laitières*, 2006, 89(1), 441-447.
- Lapierre, H., & Lobley, GE . Le recyclage de l'azote chez le ruminant : un bilan. *Journal des sciences laitières*, 2001, 84(suppl\_1), E223-E236.
- LeBlanc, S. J., & Grieve, D. G. Nutrition and the transition period: considerations for improved dairy cow performance. *Canadian Journal of Animal Science*, 2019, 99(2), 223-235.
- Licitra, G., Hernandez, TM, & Van Soest, PJ . Normalisation des procédures de fractionnement azoté des aliments pour ruminants. *Science et technologie de l'alimentation animale*, 1996, 57(4), 347-358.
- Lopez, S. et al. A meta-analysis of the effects of protein supplementation on the performance of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 2019, 102(4), 2784-2797.
- McDowell, R. E. *Nutrition of grazing ruminants in warm climates*. Elsevier, 1992.
- McNamara, J. P., & Hillers, J. K. Nutrient requirements of dairy cattle. *Cattle Practice*, . 2015, 23(1), 33-39.
- NM Waghorn et RF Britton. Valeur nutritive des arbres et arbustes fourragers des tropiques semi-arides. Dans : *Arbres et arbustes fourragers*. CABI, Royaume-Uni. 2011.
- Nocek, J. E. Bovine acidosis: Implications on laminitis. *Journal of Dairy Science*, 1997. 80(5), 1005-1028.
- Nozière, P., & Baumont, R. *Rationnement des ruminants : de la théorie à la pratique*. Editions Quae, 2012.

## *Références*

---

- National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academies Press. (2001).
- Pellerin, D., & Sauvant, D. Modélisation de la digestion et du consommé chez les ruminants : utilisation dans l'évaluation et la formulation des rations. INRA Productions Animales, 2007, 20(2), 165-178.
- Petit, HV, Ivan, M., Mir, PS et Lapierre, H. Suppléments lipidiques dans les rations des vaches laitières : un bilan. Journal des sciences laitières, 2016. 99(9),p, 7484-7500.
- Peyraud, JL. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Éditions Quae, (2011).
- Peyraud, JL, & Astigarraga, L. La ration des bovins laitiers : de l'évaluation des besoins à la formulation des rations. Éditions France Agricole.(2006).
- Playne, M. J. Determinants of ruminal microbial fermentation. In (2004).
- Puppel, K., Gołebiewski, M., & Grodzki, H. The role of carbohydrates in the bovine mammary gland. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2017. 101(3), 428-442.
- Reynolds CK, Aikman PC, Lupoli B, Humphries DJ, Beever DE. Métabolisme splanchnique des vaches laitières lors de la transition de la fin de la gestation au début de la lactation. J Dairy Sci. 2003;86(4):1201-17
- Russell, JB et Rychlik, JL . Facteurs qui altèrent l'écologie microbienne du rumen. Sciences, 2001, 292(5519), 1119-1122.
- Russell, J. B., & Rychlik, J. L. Factors that alter rumen microbial ecology. Science, 2001, 292(5519), 1119-1122.
- Russell, JB et Wilson, DB . Pourquoi les bactéries cellulolytiques du rumen sont-elles incapables de digérer la cellulose à faible pH ? . Journal of Dairy Science, 1996, 79(8), 1503-1509.

## *Références*

---

- Roussel, J.D., Johnson, A.B., Galyean, M.L. et al. Effect of vitamin and trace mineral supplementation on immune responses of stressed feeder cattle. *Journal of Animal Science*, 2016, 94(7), 2916-2927.
- Russell JB, Rychlik JL. Facteurs qui altèrent l'écologie microbienne du rumen. *Science*. 2001;292(5519):1119-22.
- Sauvant, D., Perez, J.-M., et Tran, G Tables de composition et de valeur nutritionnelle des aliments pour animaux. Editions Quae, France, 2008.
- Sauvant, D., Schmidely, P., & Daudin, JJ Les tables de la matière et de l'énergie des aliments. Dans *Alimentation des bovins, ovins et caprins* (pp. 29-44). Éditions Quae, (2018).
- Sauvant, D., Schmidely, P., & Daudin, JJ . Les tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. INRA. Influence des protéines alimentaires sur l'apport alimentaire, la production de lait et l'excrétion d'azote des vaches laitières. *Journal of Dairy Science*, 2008, 84(suppl\_1), E105-E112.
- Sauvant, D., Schmidely, P., & Daudin, JJ. Les tables de la matière et de l'énergie des aliments. Dans *Alimentation des bovins, ovins et caprins* (pp. 45-56). Éditions Quae, (2018).
- Sauvant, D., Schmidely, P., & Daudin, JJ . Les tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. INRA, 2008.
- Sauvant, D., Perez, JM, & Tran, G. Table de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, lapins, chevaux, poissons. Éditions INRA, 2004.
- Sauvant, D., et al. Tables INRA 2007 : composition et valeurs nutritionnelles des aliments pour animaux. Porc, lapin, volaille, poisson, aliments pour animaux domestiques, chevaux, moutons, chèvres. Versailles, France : INRA. 2008.

## *Références*

---

- Schwab CG, Hu W, Kerr BJ, Rozeboom DW. Digestion et utilisation des nutriments chez le porc : azote. *J Anim Sci.* 2002;80 Suppl 1:E69-77.
- Shahinfar, S. et al. Alimentation de précision des génisses et des vaches laitières dans le nord-est des États-Unis. *Journal of Dairy Science*, 2015, 98(1), 1-12.
- Shaver, RD, & Bal, MA (2001). En ligne Hutjens, MF (2008). Équilibrage des rations : les bases. Extension de l'Université de l'Illinois.  
[https://extension.illinois.edu/sites/default/files/ihmm/rb\\_basics.pdf](https://extension.illinois.edu/sites/default/files/ihmm/rb_basics.pdf)
- Shaver, RD, & Bal, MA (2001). Influence des protéines alimentaires sur l'apport alimentaire, la production de lait et l'excrétion d'azote des vaches laitières. *Journal of Dairy Science*, 84(suppl\_1), E105-E112.
- Smith, SB, ZoBell, DR et Young, AJ Gestion de l'alimentation et des animaux pour les vaches laitières. Upper Saddle River, New Jersey : Pearson Education.2014.
- Smith, D. Evaluation of protein needs of dairy cattle: A review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2019, 10(1), 1-11.
- Spears, JW Biodisponibilité des oligo-éléments chez les ruminants. *Journal of Nutrition*, 2003, 133(5), 1506S-1509S.
- Thompson, C. Ruminant protein nutrition. CABI, 2015.
- Tamminga, S. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *Livestock production science*, 2003, 84(1), 1-12.
- Van Amburgh, ME, Collao-Saenz, EA, Higgs, RJ, Ross, DA et Recktenwald, EB . Synthèse du lait chez la vache laitière : une description quantitative des processus constitutifs. *Journal of Dairy Science*, 1998, 81(12), 3233-3254.
- Van Amburgh, ME, Collao-Saenz, EA, Higgs, RJ, Ross, DA, Recktenwald, EB et Raffrenato, E. . Le rôle des acides aminés dans le soutien de la synthèse des protéines du lait et de la reproduction chez les vaches laitières. *Journal of Dairy Science*, 2017, 100(9), 6851-6871.

## *Références*

---

- Van Amburgh, ME, Collao-Saenz, EA et Higgs, RJ . Le programme de gestion laitière de Cornell : l'impact d'un programme de conseil en gestion basé sur la vulgarisation. *Journal of Dairy Science*, 2015, 98(2), 1306-1315.
- Van Amburgh, ME, et al. Perspective : Le modèle Cornell Net Carbohydrate and Protein System pour évaluer l'alimentation des vaches laitières : développement de modèles, prise en compte de la fermentation ruminale et intégration de modèles de système. *Journal of Dairy Science*, 2006, 89(12), 4675-4694.
- Van Amburgh, M.E. et al. Invited review: The use of metabolizable protein to improve nitrogen efficiency in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 2018, 101(1), 1-16.
- Van Laar, H., & Tamminga, S. Systèmes informatisés d'évaluation des aliments : une revue de leur développement et de leurs applications dans la nutrition des bovins laitiers. *Science de la production animale*, 1995, 42(2), 141-154.
- Van Saun RJ. Minéraux et vitamines pour vaches laitières. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* juil. 2000;16(2):307-23.
- Van Soest PJ. *Ecologie nutritionnelle du ruminant*. 2e éd. Ithaca, NY : Cornell University Press ; 1994.
- Van Soest, PJ, et al. Méthodes pour les fibres alimentaires, les fibres détergentes neutres et les polysaccharides non amyliques en relation avec la nutrition animale. *Journal of Dairy Science*, 1991, 74(10), 3583-3597.
- Wattiaux, MA . Nutrition protéique de la vache laitière : bilan. *Laiterie Sci*, 2012, 95(5): 1335-1359.
- Williams, CM, Wiersma, F., Elliott, JG et Shearer, JK . Ration Advisor : un système Web d'aide à la décision pour la gestion de la nutrition laitière. *Ingénierie appliquée à l'agriculture*, 2014, 30(3), 337-345.
- Zom, RLG, Goselink, RMA, Bakker, GCM et Dijkstra, J. Boîte à outils Nutrition Ruminant : une aide pratique pour le nutritionniste. Éditeurs universitaires de Wageningen, 2012.

# Résumé

## *Résumé*

L'alimentation générale de la vache laitière est explorée, en mettant l'accent sur les nutriments essentiels tels que les protéines, les lipides, les glucides, les minéraux et les vitamines. Il est précisé que ces nutriments doivent répondre aux besoins spécifiques des vaches en période de production laitière, en prenant en compte des facteurs tels que l'âge, le poids et la phase de lactation. Pour cela, notre travail a pour objectif de mettre en disposition à nos éleveurs une application de rationnement en ligne afin d'optimiser l'alimentation, d'améliorer la production laitière et de maintenir la santé globale des animaux. L'application a été réalisée par WordPress en utilisant diverses Plugins : JET-Engine, Jet Form Builder et Elimenter. L'application est alimentée d'une base de donnée sur forme de CCT (Custom Content Type) qui contient les valeurs nutritives des fourrages et des concentrés. Après avoir saisi les données de la vache (Âge, poids, état corporel, stade de lactation..etc.) et sélectionné les fourrages et les concentrés, l'application peut calculer les quantités nécessaires en formulant des rations alimentaires appropriées aux besoins de la vache. Cet outil s'avère, donc, essentiel pour optimiser l'apport nutritionnel, prévenir les carences ou les excès, ce qui peut conduire à une amélioration de leur santé, de leur production laitière et de la rentabilité des exploitations agricoles. Ce mémoire vise ainsi à contribuer au développement de l'industrie laitière en Algérie en fournissant un outil pratique et efficace pour les éleveurs de vaches laitières, tout en favorisant l'autosuffisance alimentaire et la croissance économique du pays.

**Mots clé :** Rationnement, Vache laitière, Application, Besoins

## **Abstract**

The general diet of the dairy cow is explored, focusing on essential nutrients such as proteins, lipids, carbohydrates, minerals and vitamins. It is specified that these nutrients must meet the specific needs of cows during the milk production period, taking into account factors such as age, weight and lactation phase. To this end, our work aims to provide our breeders with an online rationing application to optimize feeding, improve milk production and maintain overall animal health. The application was built on WordPress using various plugins: JET-Engine, Jet Form Builder and Elementor. The application is fed by a CCT (Custom Content Type) database containing the nutritional values of forages and concentrates. After inputting the cow's data (age, weight, body condition, stage of lactation, etc.) and selecting the forages and concentrates, the application can calculate the quantities required, formulating feed rations appropriate to the cow's needs. This tool is therefore essential for optimizing nutritional intake, preventing deficiencies or excesses, and improving milk production and overall cow health. The purpose of this brief is to contribute to the development of the dairy industry in Algeria by providing a practical and effective tool for dairy cow farmers, while promoting food self-sufficiency and economic growth in the country.

**Key words:** Rationing, Dairy cow, Application, Needs



## ملخص

يتم استكشاف النظام الغذائي العام لبقرة الألبان، مع التركيز على العناصر الغذائية الأساسية مثل البروتين والدهون والكربوهيدرات والمعادن والفيتامينات. من المحدد أن هذه العناصر الغذائية يجب أن تلبى الاحتياجات المحددة للأبقار أثناء إنتاج الحليب، مع مراعاة عوامل مثل العمر والوزن ومرحلة الرضاعة. لهذا الغرض، يهدف عملنا إلى تزويد مربينا بتطبيق حصص إعاشة عبر الإنترنت لتحسين التغذية وتحسين إنتاج الحليب والحفاظ على Jet و JET-Engine: باستخدام ملحقات مختلفة WordPress الصحة العامة للحيوانات. تم تقديم التطبيق بواسطة نوع المحتوى المخصص) الذي (CCT يتم تزويد التطبيق بقاعدة بيانات في شكل Elimentor و Jet Form Builder يحتوي على القيم الغذائية للأعلاف والمركبات. بعد إدخال بيانات البقر (العمر والوزن وحالة الجسم ومرحلة الرضاعة... إلخ) واختيار الأعلاف والمركبات، يمكن للتطبيق حساب الكميات اللازمة عن طريق تكوين حصص تغذية مناسبة لاحتياجات البقرة. وبالتالي، فإن هذه الأداة ضرورية لتحسين المدخول الغذائي، ومنع حالات النقص أو التجاوزات، مما قد يؤدي إلى تحسين صحتهم وإنتاجهم للحليب و ربحية المزارع. الغرض من هذا الموجز هو المساهمة في تطوير صناعة الألبان في الجزائر من خلال توفير أداة عملية وفعالة لمزارعي الأبقار، مع تعزيز الاكتفاء الذاتي الغذائي والنمو الاقتصادي في البلاد.

الكلمات الرئيسية: التقنين، بقرة الألبان، التطبيق، الاحتياجات