

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**

**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE IBN KHALDOUN DE TIARET**

**INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES**



**Mémoire de fin d'études**  
**en vue de l'obtention du diplôme de docteur en médecine vétérinaire**

**THEME :**

**ENQUETE EPIDEMIOLOGIQUE DE L'ACIDOSE**  
**SUBAIGUE AU NIVEAU DE LA WILAYA DE RELIZANE**

**Présenté par :**

**Me : HEDIA Nesrine**

**Encadré par :**

**DR. OUARED Khaled**

**Année universitaire : 2018/2019**

## REMERCIEMENTS

*je remercier en premier lieu dieu :le clément et le miséricorde dieux qui par sa grasse m'a permis de réaliser le modeste travail.*

*Comme un tel travail qui ne s'effectuer jamais tout seul j'aimerai. D'adresser mes sincères à tous les professeurs, intervenants et tous les personnes qui par leurs paroles, leur écrits, leurs conseils et leur critiques ont guidés mes réflexion et ont accepté à me rencontrer et répondre à mes question durant mes recherches.*

*je tiens à remercier mon promoteur Dr ouared khaled qui a pris tout le soin d'orienter et me faire part de ses précieuses remarques sur tous ses encouragement et sa disponibilité qui ont grandement contribuer à l'élaboration de ce mémoire.*

### **On dédie ce travail**

*A mon cher père **Dr hedia benaouda** Je remercie spécialement : mon père ne serait exprimer l'amour, l'estime le dévouement et le respect que j'ai toujours en pour .vous rien au monde ne monde ne vaut les efforts fournis jours et nuit pour mon éducation et mon bien êtres .ce travail est le fruit de tes sa critiques que tu as. Consentis mon éducation et ma formation. Puisse dieu le tout puissant te préserver et t'accorder santé longue. Vie et bonheur inchaalah*

*A ma chère : tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence la source de tendresse et l'exemple du dénouement qui n'a pas cessé de m' encourager merci ma mère*

*Ta pierre et tt bénédiction ma nièce Yasmine alla Rahman et ma petite sœur ibtisssem je te souhaite de réussir dans l'exam de bac ca lauréat et ma grand sœur Hanane et mon neveu Khalil Ibrahim et ma grand-mère (khiera fetma) et mon grand-père djaloul et même a l'âge adulte puise dieu le tout puissant te préserver et l'accorder sont longue vie et bonheur Je vous aime de tout mon cœur.*

*Sans oubliez mes amis Hocine Hichem oudah amine Dr ghebrini el Hadi oussade chérif Dr Tahar Yahia Dr benfriha Toufik et mes amies babadji Khadîdja Armani Naima Oudah Sarah ait graichi (bessma, Nesrine, Ranian, Imen , Dina et je remercier vraiment club RAZI tout et tous les membres de RAZI*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à MR:OUSSADE Belaid responsable de ferme pilote AGEL pour sa gentillesse et de m'avoir aidé à réaliser ce modeste travail mes chaleureux remerciements et mes vife remerciements aux employés du ferme les frères oussade sur tt mhamed et Dr oussade abdnour inoujel Youcef.*

*vos encouragements inlassable votre gentillesse méritent tout le respect je tiens à cette occasion pour vous exprimer ma profonde gratitude tout en vous témoigné mon respect au Pr benalou Abou Abdallah Pr hamoudi dr(ould ali ,Drbenhatehat,dr habiba ,Drboudraa,Drchikhaoui,Drbenia,Drslimani,Draissat, DR moussa )*

## RÉSUMÉ

Chez les ruminants, l'Acidose Ruminale Subaiguë (ARSA) est une maladie d'origine nutritionnelle qui fait suite à une perturbation des fermentations microbiennes et à une acidité anormale du compartiment ruminal. L'installation chronique de ce dysfonctionnement digestif peut avoir une incidence néfaste sur l'efficacité de production et la santé des animaux. À l'échelle de l'individu ou du troupeau, elle aura pour conséquences des retombées économiques négatives pour l'éleveur. Un des problèmes majeurs de cette maladie est qu'elle ne se manifeste pas par des signes cliniques spécifiques. A l'heure actuelle, seul le pH ruminal permet d'objectiver la maladie même si aucun indicateur de pH ne fait l'unanimité, notamment du fait des variabilités importantes liées à la technique de mesure du pH d'une part et à la susceptibilité des animaux d'autre part. Dans ce contexte, cette thèse a eu pour objectif d'améliorer le diagnostic individuel de l'ARSA chez la vache laitière en développant une approche multiparamétrique applicable sur le terrain.

Nous proposons de nouveaux indicateurs issus de cinétiques de pH mesuré de façon non-invasive avec des bolus intra-ruminaux. Ces nouveaux indicateurs relatifs, calculés quotidiennement sur les cinétiques normalisées sur 0 (NpH), sont le temps passé sous NpH < -0,3, l'écart type et les cinétiques normalisées sur 0 (NpH), sont le temps passé sous NpH < -0,3, l'écart type et transposables entre études et sont plus précis pour caractériser l'ARSA. Parallèlement, nous avons développé des modèles multiparamétriques composés de plusieurs paramètres mesurés simultanément dans différents compartiments biologiques (lait, fèces, salive, sang, urine) ou sur l'animal (comportement). Leur capacité de prédiction de l'ARSA a ensuite été évaluée en élevage. Certains modèles incluant des paramètres périphériques au rumen et simples à mesurer sur le terrain présentent une bonne sensibilité (concentration en urée dans le lait, en bicarbonate dans le sang, pH salivaire), et d'autres ont une bonne spécificité (nombre de buvées de l'animal, pH fécal, concentration en urée dans le lait). Néanmoins, aucun modèle ne renferme un couple sensibilité et spécificité satisfaisant. A l'issue de ce travail nous proposons une stratégie diagnostique fondée sur 4 étapes :

- l'analyse du contexte de diagnostic de l'ARSA l'évaluation des facteurs de risques
- l'évaluation
- des modèles multiparamétriques le calcul

D'indicateurs NpH ruminiaux des individus à risque.

**Mots clé :** ARSA, pH ruminal relatif, modèle multiparamétrique, vache laitière

## SUMMARY

In ruminants, Subacute Ruminant Acidosis (SARA) is a nutritional disease that induces an abnormal acidity of the rumen compartment as well as disturbance in microbial fermentation. When the disease becomes chronic, it can lead to negative effects on production efficiency and animal health at the individual or the herd scales, with negative economic consequences for the farmer. One of the major problems of SARA is that there are no obvious clinical signs. Presently, the only benchmark to define SARA is rumen pH. However, no pH indicator is unanimous due to the important variability related both to the measurement technique itself and to the animal susceptibility. In this context, this thesis aimed to improve the individual diagnosis of SARA in dairy cows by developing a multiparametric approach that could be used on field. We propose new indicators of pH kinetics measured noninvasively with intra-ruminal boluses. These new relative indicators, calculated daily (kinetic normalised on 0, NpH), consist of the time spent under  $NpH < - 0.3$ , the NpH standard deviation and the NpH range. These indicators make it possible to overcome the strong sources of variability and have the advantage of being transposable while being more accurate to characterize SARA. At the same time, we have developed multiparametric models including a number of parameters measured simultaneously in various biological compartments (milk, faeces, saliva, blood, urine) or on animal behaviour.

The model's ability to predict SARA has been evaluated on field. Some models including rumen peripheral parameters (concentration of urea in milk, of bicarbonate in blood, salivary pH) have a proficient sensitivity while others have a proficient specificity (number of drinking acts, faecal pH, and urea concentration in milk). However, no model developed is both sensitive and specific enough. The diagnostic strategy we propose is based on 4 steps: 1) analysis of the SARA diagnostic context, 2) assessment of risk factors, 3) evaluation of multiparametric models and (4)

Determination of ruminal NpH indicators for individuals presenting a high risk of SARA., Keywords: SARA, relative rumen pH, multiparametric model, dairy cow .

## TABLEAU DE MATIÈRES

### Introduction Générale

<b>CHAPITRE I : L'acidose Ruminale Subaiguë (Arsa) Chez La Vache laitière.....</b>	<b>03</b>
Généralités .....	03
Épidémiologie d'acidose.....	03
1. Définition de l' Acidose Ruminale Subaiguë (ARSA) .....	04
Étiologie de l'acidose.....	04
1.1. L'ARSA : une origine nutritionnelle.....	04
b) Physiopathologie .....	05
Modifications et lésions de la paroi ruminal.....	07
c) Complications infectieuses et locomotrices qui a provoquée a cause de acidose.....	08
Accroître l'apparition d'une pathologie digestive. ....	12
Importance de ph dans fonction de rumen .....	13
Tableau clinique de acidose .....	14
<b>CHAPITRE II : Diagnostic L'acidose Métabolique Chez Vache Laitière.....</b>	<b>15</b>
Diagnostic d'acidose .....	16
1. Préambule au diagnostic .....	16
2. Limites du pH ruminal pour diagnostiquer l'ARSA.....	17
2.1. Variation des indicateurs pH en fonction de la localisation des mesures.....	19
2.2. Variation des indicateurs pH en fonction de la fréquence de mesure .....	21
2.3. Variabilité de réponse des animaux face à des challenges acidogènes induits .....	21
État de l'art Limites du pH ruminal.....	21
Traitements curatifs .....	22
5.1. Ajout de substances tampons.....	22
5.2. Action sur l'écosystème du rumen .....	24
prophylaxie .....	25
<b>Chapitre III : enquête épidémiologie l'acidose métabolique chez les vaches laitière au niveau la wilaya de Relizane.....</b>	<b>28</b>
Contexte Et Objectifs.....	28
Matériel & Méthodes.....	29
Échantillonnage des animaux participant a l'essai. ....	29
Enquête auprès des éleveurs, prélèvements et analyses .....	34
Prélèvements et Analyses .....	34
Résultats.....	39
Discussion.....	41
Sélection des fermes.....	42

Sélection des animaux dans les groupes ARSA+ et ARSA .....	42
Des combinaisons de paramètres périphériques au rumen pour objectiver l'ARSA.....	43
Les meilleurs modèles prédictifs de l'ARSA .....	44
<b>Conclusion Générale</b> .....	47
<b>Bibliographie</b> .....	48
<b>partie expérimentales</b> .....	50-55

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 01 :</b> Critères de risques de l'ARSA évalués en amont de l'étude selon les caractéristiques.....	39
<b>Tableau 02 :</b> enquête d'acidose au niveau de Relizane mois de novembre 2018.....	50
<b>Tableau 03:</b> enquête d'acidose au niveau de Relizane mois de décembre 2018.....	50
<b>Tableau 04:</b> enquête d'acidose au niveau de Relizane mois janvier 2019.....	51
<b>Tableau 05:</b> Fréquence des animaux atteints de pathologie acidose mois février 2019.....	52
<b>Tableau 06 :</b> Fréquence des animaux atteints de pathologie acidose mois de mars .....	52
<b>Tableau 07:</b> la fréquence des animaux qui touche par la maladie d'acidose des mois mars les régions relizane exactement mandas les animaux sains 224 et les animaux toucher a l'acidose 23 donc par apport la fréquence des animaux sains supérieur a fréquence des animaux atteins.....	53
<b>Tableau 08:</b> la fréquence des animaux d'avril.....	54

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

**ADF** : Acide Détergent Fibre  
**AG** : Acide Gras  
**AGNE** : Acide Gras Non Estérifié  
**AGV** : Acides Gras Volatils  
**ARSA** Acidose Ruminale Subaiguë  
**ASC** : Aire Sous la Courbe  
**ATP** : Adénosine Triphosphate  
**ATP/ADP** : Ratio Adénosine Triphosphate / Adénosine Di Phosphate  
**BDD** : Base De Données  
**CO<sub>2</sub>** : dioxyde de carbone  
**CS** : Cellules Somatiques  
**EDTA** : Acide Ethylène Diamine Tetra-Acétique  
**F:C** : ratio Fourrage sur Concentre  
**GLM** : General Linear Model (Modele Linéaire Généralisé)  
**GRF** : Glucides Rapidement Fermentescibles  
**HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : ion bicarbonate  
**HP** : Haptoglobine  
**HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>** : ion hydrogénéorthophosphate  
**IPASAR** : Indicateurs Périphériques de l'Acidose Subaiguë chez les Ruminants  
**LBP** : Lipopolysaccharides Binding Protéine  
**LH** : Lithium Héparine  
**LPS** : LipoPolySaccharides  
**MAT** : Matière Azotée Totale  
**MO** : Matière Organique  
**MS** : Matière Sèche  
**MSI** : Matière Sèche Ingérée  
**NADH<sub>2</sub>/NAD** : ratio Nicotinamide Adénine Di nucléotide (réduit/oxyde)  
**NDF** : Neutral Détergent Fibre  
**NpH** : pH filtre et Normalise sur 0  
**PeriRAPa** : Périphrases Rumen Acidoses Paramètres  
**PL** : Production Laitière  
**SAA** : Sérum Amyloïde A  
**Se** : Sensibilité  
**SEM** : Somme des Ecart Moyens  
**SNG** : Solides Non Gras  
**Sp** : Spécificité  
**TB** : Taux Butyreux du lait  
**TB/TP** : ratio Taux Butyreux/Taux Protéique du lait  
**TL** : Taux de Lactose dans le lait

# Introduction Générale

## Introduction générale

Tout comme à l'échelle mondiale, la production laitière (**PL**) n'a cessé d'augmenter Depuis des années. Même si récemment le nombre de vaches a diminué sur le territoire Algérie.(environ 3 millions de têtes en 2017 contre moins de,27 millions de têtes en 2018) les progrès en sélection génétique ont permis de compenser largement ce déficit et même d'accroître la PL Individuelle des vaches (5 700 L/an en 2017 contre 6 900 L/an en 2018) Néanmoins leur capacité d'ingestion n'a, quant à elle, pas évolué dans la même mesure.

Afin d'exploiter au maximum le potentiel génétique des vaches hautes productrices, les éleveurs utilisent l'alimentation avec des rations à haute densité énergétique. Ces régimes alimentaires sont volontairement appauvris en fibres au profit d'une forte proportion de glucides rapidement fermentescibles (**GRF**) que l'on retrouve notamment dans les céréales les GRF sont fermentés dans le rumen par des microorganismes produisant des acides gras volatils (**AGV**) en grande quantité Les limites d'absorption de ce substrat énergétique dans le rumen sont alors très vite atteintes et peuvent entraîner une chute du pH ruminal Ce phénomène sera d'autant plus accentué par la faible part de fourrage grossier qui n'incite pas l'animal à mastiquer sa ration au cours de la journée et qui, par voie de conséquence, limite les apports dans le rumen de tampons d'origine salivaire. La distribution de fourrages rapidement fermentescibles peut également contribuer à la chute du pH ruminal. Cette accumulation d'acide entraîne alors des désordres digestifs de plus ou moins grande importance en fonction de l'intensité de la chute du pH ruminal et de son instabilité journalière La maladie nutritionnelle majeure induite par ces phénomènes, dans les élevages laitiers intensifs, est l'acidose ruminale subaiguë (**ARSA**) sa présence est cependant souvent évoquée dans les élevages sans qu'un diagnostic précis n'ait été établi sur le terrain. Même si tous les scientifiques s'entendent sur l'apparition de valeurs anormales et répétées d'acidité au niveau du rumen pour définir l'ARSA, il est néanmoins difficile d'objectiver ce phénomène de façon non invasive dans les élevages. Le pH fluctuant de manière physiologique au cours de la, journée la mesure ponctuelle de ce paramètre ne permet alors pas d'obtenir une valeur représentative de ces variations. En revanche, l'étude cinétique précise du pH ruminal permet le calcul d'indicateurs journaliers révélant une image plus représentative de l'évolution de l'acidité au sein du rumen. Pour autant, aucun seuil de risque unanime pour ces indicateurs n'a encore été établi à travers les nombreuses études de l'ARSA entreprises.

# CHAPITRE I :

L'acidose Ruminale Subaiguë  
(ASRA) Chez La Vache laitière

## Généralités

Ainsi, l'objectif de cette thèse était double :

- 1) **développer des indicateurs relatifs de pH ruminal**: pour caractériser l'ARSA en s'appuyant sur la technologie de capteurs ruminiaux sans fil mesurant le pH (bolus)
- 2) **développer des combinaisons de paramètres périphériques au rumen**: qui soient facilement mesurables et qui aient de bonnes capacités prédictives de l'ARSA à l'échelle de l'individu sur le terrain.

Puis, lors de deux expérimentations où l'acidose était induite chez des vaches en lactation Équipées de bolus ruminiaux, nous avons :

- 1) déterminé de nouveaux indicateurs relatifs du pH ruminal (NpH)
- 2) déterminé les seuils de risque NpH spécifiques de l'ARSA pour chaque indicateur Relatif nous permettant de caractériser plus précisément la maladie Parallèlement, des paramètres périphériques au rumen sélectionnés lors de l'étude Ont Été mesurés de façon synchronisée chez 11 animaux en situation d'ARSA induites Péri mentalement

1) Des modèles de 2 ou 3 **paramètres périphériques au rumen** ont alors été Développés pour **améliorer le diagnostic de l'ARSA** sur le terrain

2) Les **capacités prédictives** des modèles établis ont été évaluées en fermes

Commerciales afin de déterminer leur **sensibilité** et leur **spécificité** dans le diagnostic de l'ARSA dans les élevages laitiers. (Ferlay, A., B. Martin, S. Lerch, M. Gobert, P. Pradel, et Y. Chilliard. Supplémentation of maize silage diets with extruded linseed, vitamin E and plant extracts rich in Polyphenols, and morning v. evening milking on milk fatty acid profiles in Holstein and Montbéliarde cows. *Animal* 4(04):627-640.)

## Épidémiologie d'acidose:

D'études épidémiologiques, conduites dans le monde depuis 2002 sur la prévalence de l'ARSA ainsi que ses facteurs de variation, est présentée dans le Tableau 2. Elle a été initiée à partir des résultats présentés pendant la thèse de Marguet (2015) portant sur l'épidémiologie de l'ARSA.

Entre 11 et 42% des fermes seraient touchées par l'ARSA à l'échelle mondiale alors qu'au sein d'un seul troupeau moyen, la prévalence individuelle pour la maladie oscillerait entre 7,60 et 29,3%. Il est néanmoins assez délicat de statuer clairement sur une valeur de prévalence moyenne de cette maladie au vu de ces résultats. Effectivement, de grandes sources de variation ne nous permettent pas d'obtenir des valeurs comparables entre elles. Les populations enquêtées possèdent des caractéristiques très différentes, ce qui rend délicat l'interprétation des résultats. La taille des troupeaux, le type de ration utilisée, le stade de lactation et le niveau de Production des animaux, ainsi que le nombre d'animaux étudiés par ferme sont autant d'éléments connus pour potentiellement impacter la prévalence de

l'ARSA. L'autre élément important de variation dans la détermination de l'ARSA réside dans les critères utilisés pour diagnostiquer la maladie. En effet, 7 études ont utilisé la mesure du pH ruminal à un instant donné pour obtenir des indicateurs de l'ARSA basés sur des seuils de risque alors que 4 autres études se sont basées sur la composition du lait et notamment le ratio taux butyreux/taux protéique (TB/TP), la valeur TB-TP ou encore des indicateurs non validés tel que le ratio des AG du lait pairs/AG du lait impairs.

**L'absence de consensus pour le diagnostic de l'ARSA rend délicat la compilation des études Épidémiologiques menées jusqu'à présent. Il est alors difficile de statuer quant à la prévalence de la maladie chez la vache laitière de façon générale.**

### **1. Définition de l'Acidose Ruminale Subaiguë (ARSA)**

La première formulation de l'ARSA a été présentée par Dirksen (1965) qui l'a décrite comme une acidose chronique et latente, pauvre en signe clinique spécifique et plus répandue que l'acidose lactique aiguë. Ces 2 formes d'acidose entraînent des conséquences cliniques très divergentes mais ont une origine commune qui réside dans une chute du pH ruminal chez l'animal. L'acidose aiguë apparaît généralement à la suite d'ingestion accidentellement accrue de concentrés. Des symptômes évidents permettent son diagnostic précis. Le pH ruminal chute en dessous de 5,5 (Owens et al., 1998) et entraîne une acidose métabolique faisant basculer le pH sanguin de façon irréversible pour l'animal. Cette première partie de manuscrit a pour objectif de décrire exclusivement les signes et les caractéristiques de l'ARSA qui sont quant à eux beaucoup plus subtils. (INRA. 2010. Valeur alimentaire des fourrages des matières premières: taetprévisions. In

Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux Recherche Agronomique. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris.)

### **Étiologie de l'acidose:**

#### **1.1. L'ARSA : une origine nutritionnelle**

Des conduites alimentaires non adaptées aux besoins des vaches laitières sont la cause principale de l'ARSA. Elles concernent généralement les vaches primipares, hautes productrices avec un risque plus élevé à l'acidose en début de lactation. Il s'agit d'une phase où les vaches ont une capacité d'ingestion limitée par la taille de leur rumen alors que leur besoin énergétique ne cesse d'augmenter pour produire du lait (Stone, 2004). Les fourrages étant volumineux mais pas suffisamment énergétiques pour assurer des productions journalières supérieures à 25 L/j, les éleveurs en substituent une partie par des composés plus denses et riches en énergie tels que les céréales ou des fourrages fins rapidement fermentescibles (ensilage de maïs ou luzerne) (Plaizier) et al. 2008). Des apports excessifs en substrats énergétiques et/ou de trop faibles quantités de fibres dans la ration sont des éléments favorisant la

production laitière mais pouvant entraîner des problèmes de santé conséquents. Que les animaux soient conduits en bâtiment ou en système fourrage les symptômes de l'ARSA sont bien souvent observés lorsque des erreurs de rationnement ou des transitions alimentaires brutales sont conduites. Lors de la mise à l'herbe par exemple, les animaux peuvent ingérer de l'herbe jeune peu fibreuse mais néanmoins très riche en GRF tels que les pectines.

Les GRF contenant les sucres, l'amidon, les acides organiques et les pectines seront alors apportés en excès dans le rumen et ne pourront pas être correctement assimilés par les animaux qui n'auront pas eu le temps de s'adapter à ce nouveau régime (Krause and Oetzel, 2006). La nature et la somme de glucides consommés par l'animal sont les éléments déterminant la quantité d'AGV produite dans le rumen. Lorsque cette Quantité excède les capacités de l'animal à absorber et à compenser l'acidité de ces molécules, le pH du rumen tend à chuter. Des rations incitant les animaux à trier leurs aliments en délaissant les fibres longues au profit des particules plus fines dès le début de leur alimentation seront moins efficaces pour compenser la production d'AGV accrue car moins de substances tampons seront produites via la salivation. (Oetzel, 2007)

**D'une façon générale, l'acidose ruminale peut être induite par un manque de fibres grossières et/ou un apport excessif de GRF, des phénomènes de tri des aliments, des erreurs de formulations de ration ou encore des transitions alimentaires trop brutales.**

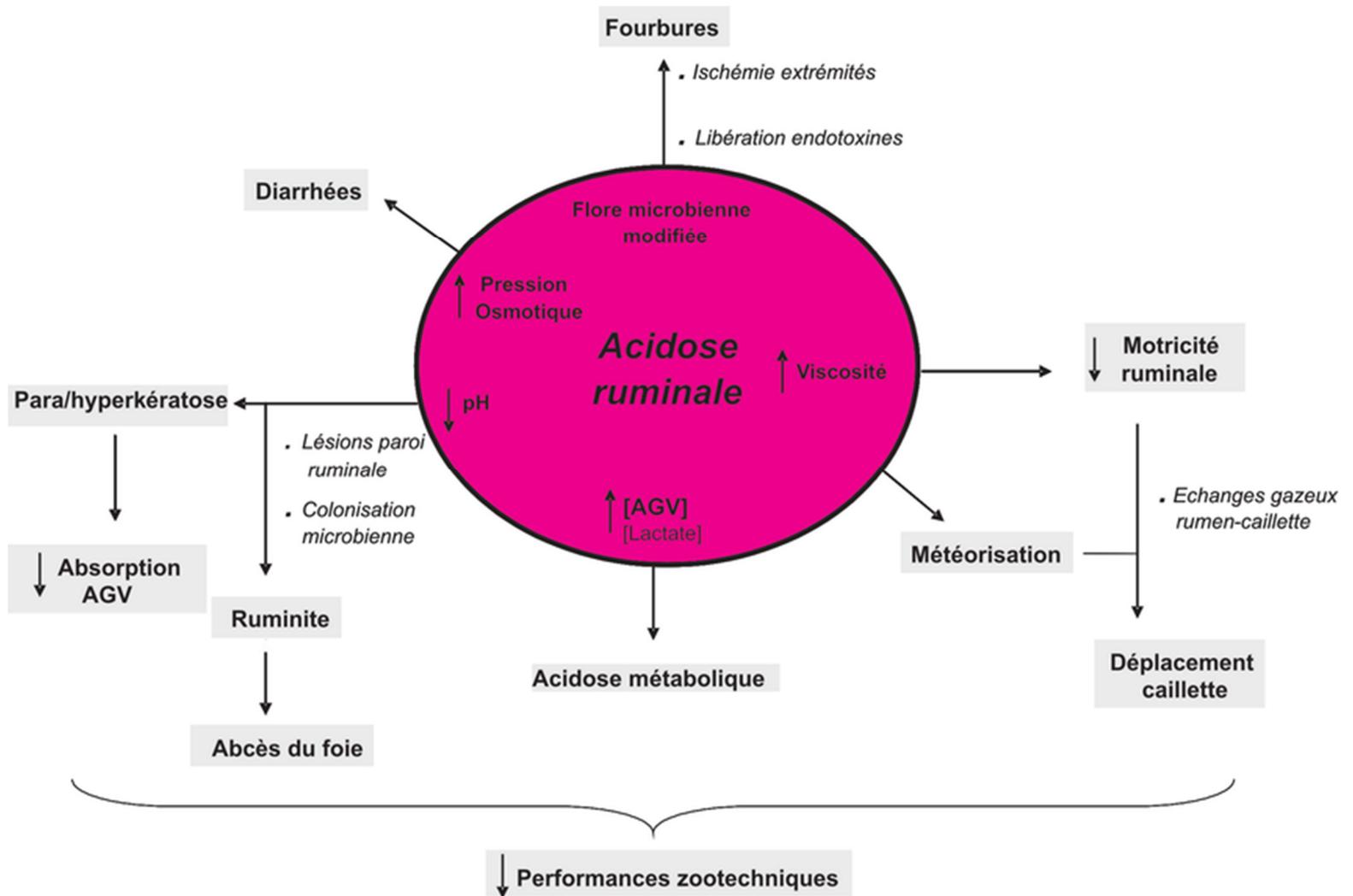
**(Martin, C., L. Brossard, et M. Doreau. 2006. Mécanismes d'apparition de l'acidose latente et conséquence physiopathologiques et zootechniques. INRA Productions Animales 19(2):93-108.)**

### **Physiopathologie d'acidose**

#### **b) Physiopathologie :**

Ces deux catégories étiologiques, acidose par gain d'acide ou perte de base, Aboutissent à une diminution du rapport  $\text{HCO}_3^- / \text{H}_2\text{CO}_3$  qui fait chuter le pH.

Les acidoses lactique s'aigue du rumen sont due sà la consommation de glucides rapidement fermentescibles, en quantité excessive relativement aux capacités d'utilisation de la micro population ruminale. Dans le rumen, on observe alors un bouleversement total du Faciès microbien avec accumulation d'acide lactique produit par la bactérie L'ensemble de ces conséquences physiopathologiques renferment de nombreux signes cliniques identifiables sur le terrain. Cependant l'absence de spécificité de ces paramètres ainsi que leur apparition très souvent retardée par rapport à l'initiation de la maladie, ne leur génèrent pas de bonnes qualités d'indicateurs pour le diagnostic de l'ARSA (Nozière, P., D. Sauvant, J.-L. Peyraud, J. Agabriel, R. Baumont, G. C. Hajar, P. A. Ferlay, et A. Lamadon. 2016. Rénovation des systèmes d'unités d'alimentation pour Les ruminants: Systali. Page 115 p. in Proc. Journées d'Animation des Crédits Incitatifs du Département de Physiologie Animale et Systèmes d'Élevage (JACI Phase 2016).



### Principales conséquences physiopathologiques de l'acidose ruminal

Dissociée favorisée par la diminution du pH ruminal. L'acide lactique semble n'avoir aucun rôle ruminal direct sur la motricité ruminale mais aurait un rôle indirect en diminuant le pH ruminal et en augmentant ainsi la forme non dissociée des AGV, ou en stimulant par son arrivée au niveau duodéal la sécrétion d'hormone qui inhiberait la motricité au niveau central pour des stades d'acidose plus avancés. Les animaux en situation d'acidose ruminale peuvent être sujets à des épisodes de diarrhées plus ou moins fréquents et intenses, et plus marqués chez les petits ruminants (ovins, caprins) que chez les bovins. Ce trouble constitue le deuxième symptôme digestif majeur de l'acidose. En effet, les propriétés hygroscopiques des produits fermentaires (AGV, lactate...) en excès dans le rumen ou arrivant au niveau duodéal sont à l'origine d'une augmentation de la pression osmotique des contenus digestifs et d'une arrivée excessive d'eau dans la lumière du tube digestif à partir des tissus.

D'autres pathologies digestives peuvent être concomitantes à l'acidose. C'est le cas de la météorisation. L'association de la baisse, voire de lactase, de la motricité ruminale à l'augmentation de la viscosité du contenu ruminal, empêcherait l'élimination des gaz de fermentation par éructation. La distension anormale du réticule rumen consécutive à la rétention de ces gaz dans la phase liquide du contenu ruminal serait à l'origine de certaines formes de

météorisation (Cheng et al 1998, Enemark et al 2002)

L'acidose est aussi mentionnée comme un facteur de déplacement de la caillette, même si les liens pathogéniques sont peu clairs et controversés. Ces perturbations résulteraient d'un flux accru de gaz ruminiaux du rumen vers la caillette qui provoquerait l'atonie et le déplacement de celle-ci (Shaver 1997, Enemark et al 2002)

.

### **Modifications et lésions de la paroi ruminal**

La paroi du rumen est le siège de processus actifs et d'interactions avec les produits issus de la digestion microbienne. Ces interactions s'exercent dans les deux sens, directement des produits formés sur l'épithélium mais aussi réciproquement de l'épithélium vers le contenu. Les modifications de l'épithélium ruminal occasionnées par toutes les formes évolutives de l'acidose ruminal sont d'ordre structurelles et fonctionnelles, inflammatoires et lésionnelles (Garry 2002). Nous avons étudié l'effet d'une ration acidogène à base de blé sur la morphologie de la paroi ruminal par comparaison avec une ration fourrage chez des agnelles (paroi ruminal intacte en terme de passé alimentaire) et des vaches (paroi ruminal avec un certain vécu alimentaire) après abattage (Martin et al non publié). Les animaux ayant reçu le régime acidogène ont présenté une muqueuse ruminal plus développée. Parallèlement, une analyse d'image de la paroi ruminal a permis d'observer une augmentation de la densité et de la surface des papilles avec le régime acidogène, ainsi qu'une modification de sa «texture», paramètre intégratif de morphologie et de couleur. Ces résultats étaient plus marqués sur les agnelles que sur les brebis. Ce sont Les produits terminaux des fermentations absorbés par l'épithélium du rumen qui exercent un effet trophique sur les cellules de l'épithélium du rumen. Les AGV, et plus particulièrement le butyrate, ont un effet stimulateur puissant sur la prolifération cellulaire et le développement des papilles (nombre, longueur) augmentant ainsi leur surface d'absorption (Fella et Weekes 1975, Sakata et Yakima 1984). Ces modifications s'accompagnent d'une kératinisation plus ou moins marquée pouvant être le facteur déclenchant d'une hyperkératose avec une pigmentation noirâtre de l'épithélium ruminal et une possible limitation de l'absorption des produits terminaux de la digestion. Contrairement aux cellules de la caillette, les cellules de l'épithélium ruminal ne sont pas protégées par un mucus et sont donc vulnérables à l'acidité qui se développe au cours de l'acidose ruminal, aboutissant à une inflammation de l'épithélium (Espinasse et al 1995). Cette inflammation est due à l'action irritante et prolongée des acides fermentaires en excès dans le rumen, en particulier de l'acide lactique qui est un acide fort. Chez des taurillons alimentés avec une ration acidogène, l'état inflammatoire de l'épithélium ruminal a été mis en évidence par histologie et par l'accroissement de la concentration sérique en haptoglobine (Prentice 2000). Les modifications du milieu ruminal chez des animaux en situation d'acidose peuvent également détériorer l'intégrité de la paroi ruminal. La principale cause de cette modification structurelle est la pression osmotique du contenu ruminal. Lorsque cette dernière augmente (hyper

osmolarité) et devient supérieure à celle du plasma, un flux d'eau s'écoule rapidement du sang et des tissus vers le rumen pour rééquilibrer les pressions osmotiques. Il s'ensuit une déstructuration physique de l'épithélium (séparation des couches internes et externes) à l'origine d'une augmentation de sa perméabilité et d'une perte de sa fonction barrière vis-à-vis de germes ruminants pathogènes bactériens (*Fusobacterium necrophorum* essentiellement, mais aussi Actinomycose pyogènes) qui peuvent alors le coloniser plus facilement (Nagaraja et Chengappa 1998, Brugère 2003). Les foyers infectieux se développant sur la paroi ruminale sont appelés «lésions de ruminite». Même si elles sont réversibles, les modifications de la paroi ruminale présentées ci-dessus peuvent altérer plus ou moins longtemps sa capacité d'absorption des produits fermentaires et mettre l'animal en difficulté pour lutter contre l'acidité ruminale. Krehbiel et al (1995a) ont ainsi observé une diminution de 43 % de la capacité d'absorption des AGV par l'épithélium 6 mois après un état acidotique aigu de l'animal. (Sauvant, D. et J. Peyraud. 2010. Calculs de ration et évaluation du risque d'acidose. INRA Productions Animales 23(4):333.)

### **c) Complications infectieuses et locomotrices qui a provoqué a cause de acidose**

Les dommages causés à la paroi ruminale, l'inflammation et l'infection qui en résultent permettent aux bactéries et/ou endotoxines d'entrer librement dans la circulation sanguine et d'entraîner respectivement des complications d'ordre infectieux ou locomoteur pour ne citer que les plus probables. Les abcès hépatiques sont la première complication infectieuse fréquemment associée à la ruminite surtout chez les taurillons et les agneaux à l'engrais (Espinasse et al 1995). Les bactéries pathogènes colonisant la paroi ruminale passent dans la circulation porte pour gagner le foie. L'infestation et la multiplication des germes dans cet organe conduit à la formation d'abcès (Nagaraja et Chenapan 1998). Pour des formes sévères d'acidose, les bactéries pathogènes peuvent dépasser la barrière du foie et être relâchées dans la circulation générale. Elles peuvent alors coloniser massivement d'autres organes (poumons, cœur, reins, articulations) et provoquer des abcès disséminés difficiles à diagnostiquer avant la mort (Nocek 1997, Oetzel 2000, Enemark et al 2002).

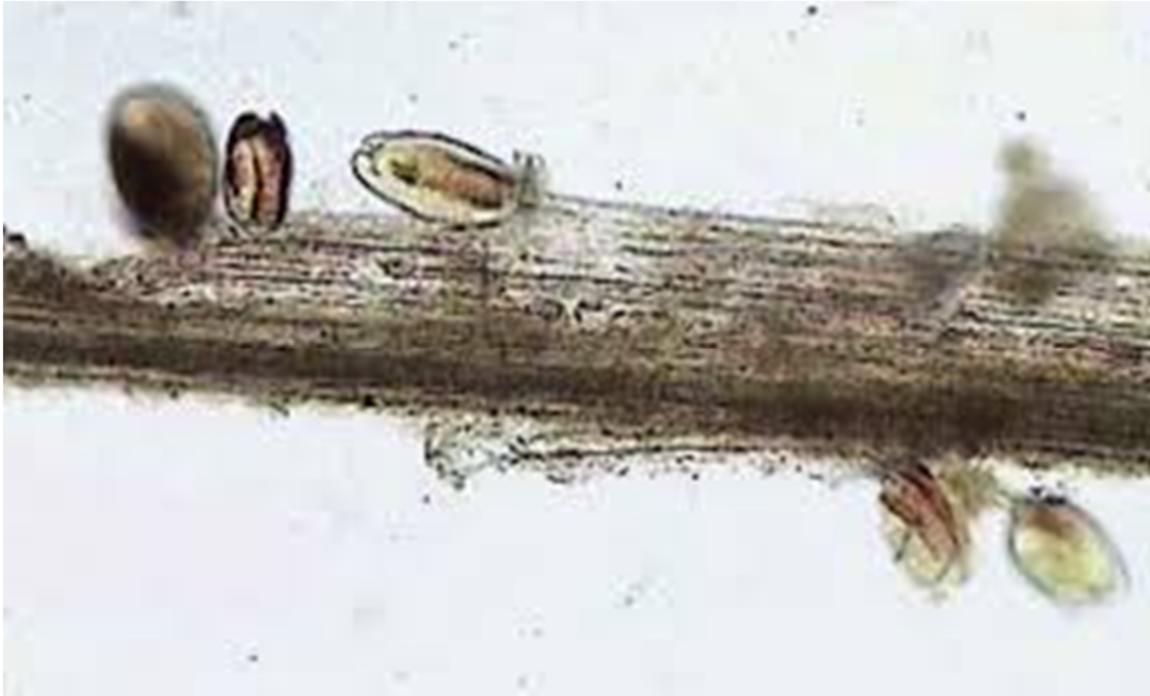
Des troubles locomoteurs d'origine non infectieuse comme la fourbure peuvent être associés à l'acidose ruminale quelle que soit sa forme. Très douloureuse, la fourbure entraîne des lésions à l'origine de boiteries. Même si la fourbure est d'origine multifactorielle, la relation entre fourbure et l'acidose a été mise en évidence et dépendrait de la teneur en amidon de la ration (Nocek 1997). Elle serait largement favorisée par certaines conditions de logement (sol dur tel que le béton) (Brugère 2003). Ces problèmes de fourbure peuvent apparaître plusieurs semaines à plusieurs mois après un épisode d'acidose ruminale. Les différentes substances vas actives (histamine, endotoxines) libérées dans le rumen et absorbées dans la circulation sanguine induisent des perturbations de la vascularisation à l'intérieur du pied (vaso constrictions, ischémies) et une inflammation qui altèrent la production et la

qualité de la corne. Ceci constitue la première phase d'un enchaînement pathologique aboutissant à la fourbures qui a été largement décrit dans la revue de synthèse de Nocek (1997). Récemment, une bactérie autochtone (*Allisonella histaminiformans*) a été identifiée comme étant fortement productrice d'histamine à pH acide et incriminée dans le développement des fourbures (Gardner et al 2004). chez la vache, une toxine libérée par *S. Boiserait* à l'origine de l'altération de l'intégrité des pied (Mungall et al 2001). Cette théorie n'a pas encore été évaluée chez le ruminant mais mériterait d'être étudiée sachant que les bactéries amylolytiques telles que *S. Bovins* se développent au cours de l'acidose subaiguë (Stone, W. 2004. Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and lameness in dairy cattle. *Journal of Dairy*)





L'acidose ruminale est une des principales causes de dysfonctionnement du rumen



Plusieurs protozoaires ciliés du rumen appartenant au genre *Ostracodinium* sp. Qui attaquent une tige végétale



Détail de l'ingestion d'une fibre végétale par le protozoaire cilié du rumen *Ostracodinium* sp. participant à la dégradation physique d'une tige de luzerne.

**Accroître l'apparition d'une pathologie digestive.**

La gestion des risques d'acidose latente doit être préventive et passe par un meilleur équilibre de la ration. Ainsi, il est admis que le hachage excessif des fourrages et l'apport immodéré de concentré potentiellement digestible dans le rumen constituent les principales causes des acidoses.

Selon Sauvant et al (1999), les rations doivent obéir aux caractéristiques suivantes :

Une teneur d'au moins 35% NDF/MS ce qui correspond à 25% de NDF De fourrage/MS ; une taille moyenne des particules de 2,5 mm ou un Apport d'au moins 40% de MS sous forme de particules dont la taille Est supérieure à 2 mm ; des teneurs maximales de 45% d'aliments Concentrés et de 25% d'amidon/MS ; une teneur maximale de 20% de Glucides rapidement fermentescibles/MS.

En outre, au niveau de l'animal, l'indice de mastication doit être supérieur à 40 min/kg MS ingérée et la vitesse moyenne d'ingestion doit être inférieure à 50 g MS/min.

Selon Peyrard et Apper-Bossard(2006), on peut réduire encore le risque d'acidose en fractionnant les apports alimentaires au cours du nyctémère et par l'ajout de substances tampons à raison de 1% MS ainsi qu'en augmentant le niveau d'apport protéique.

Toutefois, beaucoup d'incertitudes subsistent sur l'ensemble des facteurs qui déclenchent un état pathologique critique chez l'animal, c'est pourquoi les chercheurs travaillent actuellement des modèles multifactoriels permettant d'évaluer le caractère acidogène des rations (voir Mertens 1997 ; Peyrard 2000 ; De Brabander et al 2002 ; Sauvant et al 2006).

Le pouvoir tampon intrinsèque du contenu ruminal est étroitement lié à celui des aliments, à leur capacité de stimulation de la salivation de l'animal et leur aptitude de fixation des protons Il dépend en particulier de la teneur naturelle des aliments en glucides pariétaux, ainsi qu'en carbonates et phosphates. Les protéines jouent également un rôle par la formation d'ions carbonates lors de l'étape finale de désamination.

A titre préventif, il est recommandé de supplémenter les régimes « à risque » avec des substances tampons comme le bicarbonate de sodium à raison de 1 à 2% de la MS ingérée, des doses plus importantes pouvant être ajoutées pour traiter des crises naissantes d'acidoses aiguës avant que l'étape d'acidose métabolique endommage de manière irréversible les organes de l'animal. L'emploi de carbonate de sodium, parfois recommandé, doit être fait avec prudence car il s'agit d'un composé possédant de fortes propriétés alcalines.

En effet, son pKa étant égal à 10,33 et le pH de sa solution aqueuse à la Concentration de 10,6 g/L étant de 11,6 (cité dans The Merck Index 1983), un apport important de carbonate de sodium peut élever rapidement le pH du liquide ruminal et conduire à une situation d'alcalose qui est dangereuse pour l'animal.

De même, l'oxyde de magnésium (MgO) a également été utilisé pour combattre les acidoses puisque cet oxyde de métal alcalin réagit avec l'eau pour donner de l'hydroxyde de magnésium (MgOH<sub>2</sub>) qui est une base forte classiquement utilisée en médecine humaine pour lutter contre les

aigreurs d'estomac.

Le fait que la solubilité de l'hydroxyde de magnésium diminue fortement lorsque l'on passe d'un milieu acide à un milieu neutre ou alcalin, réduit le risque d'alcalose.

Toutefois, l'ion  $Mg^{2+}$  joue un rôle important dans les équilibres hydriques cellulaires et, en excès, il peut induire des troubles tels que des diarrhées.

L'usage de levures vivantes appartenant à l'espèce *Saccharomyces cerevisiae* dont le métabolisme dans le rumen permet de stabiliser l'écosystème microbien en situation de risque acidotique (Mathieu et al 1996), a été validée par l'EFSA (European Food and Safety Authority) seulement pour certaines souches et pour certaines espèces animales.

Enfin, il faut rappeler que l'emploi d'antibiotiques ionosphères dirigés contre les bactéries à gram positif produisant de l'acide lactique n'est pas autorisé en Europe.

### **Importance de pH dans fonction de rumen :**

Le pH du réticule-rumen est reconnu depuis plusieurs décennies paramètre comme un plusieurs décennies paramètre comme un physico-chimique essentiel de la digestion et de la nutrition du ruminant. En effet, un faible pH est associé à tout un ensemble d'inconvénients connus d'ordre nutritionnel, pathologique et zootechnique :

- les phénomènes d'acidoses aiguës (pH inférieur à 5,5) et latentes (pH inférieur à 6,25 environ).
- les phénomènes d'interaction digestive négative, qui altèrent la digestibilité des parois végétales et induisent une baisse de la valeur énergétique des aliments et des rations, sont associées à des pH trop acides (pH < 6) dans le réticulo-rumen
- la qualité des produits, dans la mesure où les baisses du pH ruminal sont associées à des baisses du rapport taux butyreux/taux protéique du lait.
- le bien-être des animaux : lorsqu'il y a acidose latente, on observe fréquemment des comportements de pica et d'agressivité entre les animaux.
- l'acidose latente entraîne également une baisse et une irrégularité de l'ingestion par les ruminants.

Qui 'une valeur moyenne du pH, considérée sur 24 heures ou sur une partie de la journée. D'autres études se focalisent plutôt sur l'évolution post-prandiale ou nyctémérale du pH pour évaluer la dynamique de la perturbation ruminal. (Allen, M. S. 1997. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement

For physically effective fiber. Journal of Dairy Science 80(7):1447-1462.

**Tableau clinique de acidose :**

La plupart du temps, la vache laitière qui souffre d'ARC n'extériorise pas de symptômes cliniques spécifiques clairs. Souvent, le signe clinique le plus commun est une diminution de l'appétit ou une prise d'aliments irrégulière. Pendant un accès d'ARC, la vache réduit sa consommation de façon à abaisser l'acidité de son milieu ruminal. Elle se remet à manger quand le pH ruminal est de nouveau supérieur à 5,6, d'où les fortes variations de consommation qui souvent passent inaperçues, surtout dans les grands troupeaux où les vaches sont logées et soignées en groupe. On peut souvent observer d'autres signes de l'ARC comme :

- une diminution de la rumination (mastication des aliments régurgités)
- une légère diarrhée
- des bouses foisonnantes contenant des bulles de gaz
- la présence de grains non digérés ( $\frac{1}{4}$  po ou 6 mm) dans les bouses.

Après un certain temps, en général 3 à 6 mois après des poussées d'ARC, le troupeau laitier commence à extérioriser les signes secondaires de la maladie : accès de fourbure, perte de poids et mauvais état de chair malgré une alimentation adéquate en énergie, et abcès d'origine inexplicée. Si on omet de les diagnostiquer, les effets secondaires de l'ARC peuvent se solder par des taux élevés de mises à la réforme. Face à des signes secondaires dont l'explication n'est pas apparente, il y a lieu de soupçonner l'ARC.



## CHAPITRE II :

Diagnostic L'acidose Métabolique  
Chez Vache Laitière

## Chapitre II : diagnostic l'acidose métabolique chez vache laitière

---

### Diagnostic d'acidose :

#### 1. Préambule au diagnostic :

Bien que l'ARSA ait été décrite depuis de nombreuses années dans la littérature, son diagnostic reste délicat et controversé. Etymologiquement le terme diagnostic se réfère à *gnosis* (connaissance, discernement) et *dia* (à travers), ce qui signifie la connaissance à travers des signes. Selon Sournia (1995), il s'agit plus précisément de l'identification de la nature et de la cause de l'affection par l'interprétation de signes plus ou moins extérieurs. Le diagnostic est donc à la fois un travail de réflexion et de collecte de données. Son résultat sera par ailleurs accompagné d'une justification de la démarche médicale conduisant à la proposition d'un traitement. Plusieurs étapes peuvent composer le diagnostic : reconnaître l'état de la maladie et le nommer, déterminer comment elle est survenue et expliquer pourquoi elle s'impose à l'individu. Trois étapes principales composent ce processus dans les élevages laitiers :

1) L'éleveur repère des souffrances ou des troubles chez l'animal : il s'agit de l'observation de symptômes qui sont donc subjectifs et spécifiques ou non d'une maladie.

2) L'éleveur fait appel à un vétérinaire qui va récolter l'anamnèse du sujet malade, l'examiner et qui recherche des signes objectifs de maladies quantitatifs ou qualitatifs.

3) La combinaison de ces données, les unes liées à la complexité de l'individu lui-même, les autres dues aux connaissances techniques et intellectuelles du vétérinaire, vont aboutir à l'élaboration du diagnostic.

Dans cette thèse, des données exhaustives pouvant contribuer au diagnostic de l'ARSA ont été recherchées. Nous avons donc choisi d'employer les termes sémantiques transversaux suivants :

Le mot **paramètre** désigne une variable prise en compte pour une mesure, un dosage ou un calcul permettant de caractériser un état (Larousse, 2015). Combiné au mot **périphérique**, les paramètres sont alors restreints à des variables qualifiables, estimables ou quantifiables de façon non-invasive permettant de caractériser un état mais qui ne sont pas forcément spécifiques de ce dernier. Dans ce manuscrit, les **paramètres périphériques** représentent de façon simple et abrégée des variables **non ruminants**, suspectées d'être impactées en cas d'ARSA. Elles doivent être mesurées de façon non-invasive chez l'animal mais ne sont pas obligatoirement spécifiques à l'ARSA.

Le terme périphérique englobe alors des variables pouvant être analysées dans différents **compartiments** : le sang, l'urine, les fèces, la salive et le lait. Par souci de clarté, les données recueillies sur le comportement général et alimentaire de l'animal sont regroupées dans la catégorie comportement

## Chapitre II : diagnostic l'acidose métabolique chez vache laitière

---

et ce dernier est également assimilé à un compartiment à part entière.

Le mot **variable** désigne quant à lui un élément qui peut prendre des valeurs différentes chez l'individu. Il est utilisé dans ce manuscrit lorsqu'un traitement mathématique est appliqué aux paramètres ou aux indicateurs de l'ARSA.

Le mot **indicateur** sert à désigner ou révéler un phénomène de façon précise. En épidémiologie, il s'agit d'ensemble de données quantitatives et qualitatives obtenues par des enquêtes visant à établir l'état de santé moyenne d'une population. A l'échelle de l'individu, nous avons fait le choix de réserver ce terme pour des paramètres combinés ou non qui caractérisent de façon précise l'ARSA. Les principaux indicateurs étudiés dans cette thèse sont des **indicateurs du pH ruminal** ainsi que des **paramètres périphériques au rumen** permettant un diagnostic précis de l'ARSA.

Le mot **bolus** (Figure 5) caractérise un dispositif télémétrique sans fil déglutit par la vache qui fournit des mesures continues et précises du pH, et de la température à l'intérieur du réticulum.

Il enregistre des données à intervalles d'une minute et calcule des moyennes toutes les 15 minutes pour fournir 96 lectures par jour. Ces données sont stockées sur le bolus et peuvent ensuite être récupérées à distance via un mobile positionné à 30 cm du réticulum.

Un diagnostic précis d'une maladie se caractérise par des sensibilités et des spécificités élevées. Ces 2 éléments sont évalués lors d'un test diagnostique ce qui permet de confirmer ou d'infirmer la maladie.

La **sensibilité (Se)** des indicateurs se réfère à leur capacité à bien identifier les animaux en ARSA lorsque la maladie est induite. Une forte sensibilité est très importante quand les indicateurs sont utilisés pour détecter une maladie grave mais facilement traitable.

La **spécificité (Sp)** des indicateurs se réfère à leur capacité à bien identifier les animaux non atteints d'ARSA lorsqu'ils sont effectivement sains. Une forte spécificité sera recherchée lorsque la maladie à diagnostiquer est moins grave mais que le traitement est lourd à mettre en place. A titre d'exemple, un diagnostic de l'ARSA avec une grande Se et une faible Sp va détecter la majorité des animaux malades lorsqu'ils sont en ARSA mais il va aussi détecter des animaux malades alors qu'ils ne sont pas en ARSA (faux positifs). Dans ce cas, le diagnostic permet de détecter de façon très exhaustive tous les malades mais d'autres éléments devront être apportés pour confirmer la maladie chez les vrais positifs et l'invalider chez les faux positifs.

### 2. Limites du pH ruminal pour diagnostiquer l'ARSA

#### 2.1. Variation des indicateurs pH en fonction de la localisation des mesures

Une des premières sources de variabilité de ces indicateurs réside dans le choix de la méthodologie d'évaluation du pH ruminal qui peut affecter à la fois la localisation de la mesure au sein du rumen ainsi que la fréquence de mesure. La mesure du pH peut être réalisée selon des techniques *ex-vivo* ou *in-vivo*. *Ex-vivo*

## Chapitre II : diagnostic l'acidose métabolique chez vache laitière

---

Un expérimentateur peut prélever du contenu au sein du rumen de l'animal pour mesurer le pH immédiatement avec un pH-mètre sur un échantillon collecté. Les prélèvements peuvent alors être effectués par sondage gastro-œsophagien, ruminocentèse, ou via des animaux canulés au niveau du rumen. Ces techniques ont respectivement un caractère invasif croissant. Le sondage gastro-œsophagien prélève du jus ruminal directement dans le rumen grâce à un tube en passant par l'oropharynx. La localisation du prélèvement de jus ruminiaux est alors dépendante de l'angle et de la longueur de la sonde insérée dans l'animal. La technique de ruminocentèse décrite par Nordland and Garrett (1994) consiste quant à elle à aspirer avec un trocart au niveau du sac ventral, du jus de rumen de l'animal. Enfin les prélèvements par la canule ruminal sont majoritairement réalisés via l'échantillonnage en 4 points au sein du rumen : cranio-ventral, caudo-ventral, centre, cranio-dorsal (Garrett et al., 1995). Le contenu est alors filtré immédiatement pour mesurer le pH sur le jus ruminal. A l'heure actuelle, cette dernière méthode, en plus d'être la plus invasive, est massivement décriée par la société et ne peut en aucune manière être systématisée en élevages laitiers.

### *In vivo*

Les outils *in-vivo*, que ce soient les sondes intra-ruminales (seuls les animaux canulés du rumen peuvent en être équipés) ou les bolus (capteurs ruminiaux sans fil), sont placés au sein du rumen et peuvent alors être tributaires de la motricité du rumen. Différents types de bolus ont été développés et certains ont la capacité de flotter au sein du rumen via des ailettes semi-rigides (bolus Kahne, NZ) alors que d'autres sont lestés et iront théoriquement se placer précisément au niveau du réticulum chez l'animal (bolus eCow, UK). De façon générale, les prélèvements *in-vivo* semblent indiquer des valeurs de pH plus élevées que les mesures effectuées *ex-vivo*. Au sein des techniques *in-vivo*, (Falk et al. 2016) ont trouvé un pH plus élevé de + 0,24 unité pH pour des bolus positionnés au niveau du réticulum en comparaison à des sondes filaires lestées et placées dans le sac ventral du rumen de vache canulées.

Néanmoins, ces bolus semblent renseigner des valeurs très bien corrélées aux mesures effectuées par prélèvement au niveau de canules ruminales ( $r=0,986$ ) (Sato et al., 2012). *Ex-vivo*, les prélèvements par canule ruminal auraient des valeurs de pH plus élevées que celles obtenues par des sondes pH immergées ou ruminocentèse dans le sac ventral. Ainsi, Smith (1941), Dado and Allen (1993) ont reporté un pH plus élevé respectivement de + 0,28 et + 0,11 unités pH dans

les échantillons prélevés par canule comparé au pH mesuré par les sondes immergées et de + 0,28 (Garrett et al. 1995) et + 0,33 unités pH (Duffield et al. 2004) comparés à des échantillons provenant de ruminocentèse. Les mécanismes expliquant les valeurs plus élevées du pH mesuré sur des échantillons prélevés à la canule ne sont pas complètement compris. Certains auteurs suggèrent que de potentielles dépressions dans la seringue pendant la ruminocentèse seraient la cause d'une augmentation artificielle du pH sur l'échantillon par l'aspiration de CO<sub>2</sub> (Smith, 1941). Les mesures de pH par sondage gastro-œsophagien tendent à montrer que le jus ruminal aurait quant à lui des valeurs plus élevées que celles mesurées par ruminocentèse ( $\text{pH ruminocentèse} = -0,6116 + 1,03 \cdot \text{pH sonde}$ ,  $r= 0,58$ ,  $n= 5$  vaches, et

## **Chapitre II : diagnostic l'acidose métabolique chez vache laitière**

---

20 prélèvements)(Keefe and Ogilvie, 1997). Néanmoins, dans de nombreuses études, la mesure du pH ruminal par sondage gastro-œsophagien semble être moins répétable (Duffield et al., 2004, Guatteo, 2004). Une variabilité du pH allant de 0,6 à 1,7 unité pH a été mise en évidence sur 5 vaches prélevées par sondage et par ruminocentèse (Guatteo, 2004). La contamination par la salive contenant des substances tampons lors du sondage pourrait être une source d'explication de ce pH plus variable et plus élevé. Bien que certaines sondes soient fabriquées de façon à ne s'ouvrir que dans le rumen, Dirksen and Smith (1987) estiment à 10% (en volume) la contamination salivaire des prélèvements réalisés avec ce type de sonde. Enfin le positionnement hasardeux de la sonde dans le sac ventral du rumen (70% des cas sur 5 vaches et 75 prélèvements) pourrait renforcer la variabilité de la mesure (Steiner et al., 2015). De nombreuses études ont également reporté la présence d'un gradient de pH au sein du rumen pouvant impacter la valeur de ce paramètre en fonction de l'emplacement des mesures.

### **2.2. Variation des indicateurs pH en fonction de la fréquence de mesure :**

La fiabilité des données recueillies sur le pH ruminal dépend à la fois de la localisation de la mesure du paramètre mais également de l'heure et la fréquence où les mesures sont réalisées au cours de la journée (Dijkstra et al. 1993, Krause and Oetzel, 2006, Drageoir et al. 2008). Le sondage gastro-œsophagien, la ruminocentèse ou les prélèvements par canule ruminal sont des techniques qui comportent un caractère invasif pour les animaux chez qui l'on souhaite mesurer le pH ruminal. Par conséquent le nombre de mesures journalières est souvent restreint et la dynamique du pH dans ce compartiment n'est que partiellement reflétée. Or, il a été démontré que l'évolution du pH ruminal au cours de la journée serait une des clefs pour apprécier l'état d'ARSA chez les animaux (Plaizier et al. 1999). Des cinétiques journalières précises de pH ruminal permettent en effet de calculer des indicateurs renfermant des informations plus fiables sur ce paramètre. Ainsi, le pH minimum, le temps passé ou l'aire sous la courbe (**ASC**) sous un pH seuil sont des indicateurs de plus en plus décrits dans la littérature pour caractériser l'ARSA (Nocek et al., 2000, Krause et al., 2002a, Beauchemin et al., 2003a, Gozho et al., 2005). Woodford and Murphy (1988) ont révélé que des régimes différents n'ont pas impacté le pH moyen journalier alors que les ASC sous certains pH seuils ont été modifiés. Dans la même idée, Krause and Combs (2003) ont démontré plus précisément que le type de fourrage affectait certains indicateurs pH sans que le pH moyen journalier n'ait été modifié (Figure 6). Ainsi, l'étude sur 16 vaches laitières a permis de calculer des indicateurs pH lorsque des rations à base de mélange d'ensilages de maïs et luzerne ou à base d'ensilage de maïs étaient distribuées. Il a été reporté que le pH moyen ne variait pas significativement (5,9 vs 5,8 respectivement) entre ces 2 régimes alors que le temps passé sous pH 5,8 (8,9 vs 11,5 h/jour respectivement), l'ASC sous pH 5,8 (2,6 vs 4,4 respectivement) étaient, quant à eux, significativement plus importants lorsque la ration à base d'ensilage de maïs et de luzerne était distribuée aux animaux. Le pH minimum (5,5 vs 5,3 respectivement) était quant à lui significativement plus faible avec la ration à base de mélange d'ensilages de maïs et luzerne. Par conséquent, l'étude dynamique du pH ruminal semble être la méthode la plus appropriée pour

## Chapitre II : diagnostic l'acidose métabolique chez vache laitière

---

apprécier précisément le pH des animaux et ainsi obtenir des indicateurs robustes pour caractériser l'ARSA (Penner et al. 2007). Les premiers essais de mesure du pH en continu ont vu le jour dans les années 50 au départ chez des bovins (Lampila, 1955) puis chez les moutons (Matscher et al. 1957). Des électrodes de verre immergées et filaires permettaient de réceptionner les données à l'extérieur d'animaux canulés. Initialement, de courtes périodes de suivi du pH étaient possibles à cause principalement du milieu hostile qu'est le rumen pour ce genre d'appareillage.

Des contaminations ou un colmatage avec des protéines ou des graisses au niveau des électrodes ont souvent été observés (Galster, 1991). Des nettoyages et des calibrations régulières des électrodes étaient donc inévitables au risque d'observer une dérive majeure des mesures, rendant cette technique complexe à mettre en œuvre. De plus, les sondes immergées nécessitent des animaux appareillés de canules ruminales, ce qui sous-entend que ce type de mesure ne peut ont souvent été observés (Galster, 1991). Des nettoyages et des calibrations régulières des rendant cette technique complexe à mettre en œuvre. De plus, les sondes immergées nécessitent des animaux appareillés de canules ruminales, ce qui sous-entend que ce type de mesure ne peut être réalisé sur des animaux d'élevage. Chez les petits ruminants, Penner et al. (2009a) ont été, à notre connaissance, les premiers à décrire un capteur ruminal pouvant mesurer en cinétique et transmettre les données collectées à distance sans avoir recours à des animaux canulés. Depuis, de nombreux bolus sont apparus sur le marché présentant des caractéristiques plus ou moins différentes en termes de mesure, de facilité d'utilisation, de robustesse et de durée de vie. A l'heure actuelle, quelques compagnies semblent saisir le marché avec des produits proposant les mêmes services avec cependant des particularités. Les bolus provenant de l'entreprise Dascor™ (Dascor, Escondido, CA) ont certainement été les premiers à être évalués par des scientifiques (Penner et al., 2006) mais ils restent prioritairement utilisés à des fins de recherches. Leur limitation résidait dans une absence de collectes de données automatisées. En parallèle, d'autres compagnies ont su produire des bolus en plus grandes séries et fournir des systèmes efficaces de télémétrie (SmaXtec animal care GmbH, Graz, Austria - Kahne Limited, New Zealand - eCow Ltd., Exeter, Devon, UK – Well CowLM, Roslin, UK – Moow, Hungary). Une autre limite de ces outils réside dans leur durée de vie souvent bien trop courte. Les industriels garantissent une fiabilité des mesures entre 60 à 90 jours en fonction des produits. Même si certains prétendent une durée de 3 ans (Moow), leur évaluation scientifique n'a encore jamais été exposée. Combiné au coût relativement élevé de ces bolus, (prix moyen public : 400€ TTC) il semble que ces outils ne soient pas encore complètement adaptés à une utilisation en routine sur le terrain. Ces nouveaux outils tendent à se démocratiser et permettent l'utilisation de données issues de cinétiques précises du pH ruminal des animaux, ce qui serait un grand bénéfice pour renforcer la fiabilité des indicateurs pH utilisés à l'heure actuelle pour caractériser l'ARSA.

( Recherche d'indicateurs périphériques de l'acidose ruminale subaiguë chez la vache laitière  
Clothilde Villot)

## Chapitre II : diagnostic l'acidose métabolique chez vache laitière

---

### 2.3. Variabilité de réponse des animaux face à des challenges acidogènes induits :

La variabilité de réponse des animaux face à un déséquilibre du pH ruminal est probablement un autre challenge de taille à appréhender pour renforcer la fiabilité des indicateurs pH calculés. En effet, quelques études ont déjà observé que, soumis à un même régime alimentaire, les animaux peuvent néanmoins avoir des réponses différentes en termes d'impact sur leur pH ruminal et sur leur niveau de production et leur santé.

La race des animaux ainsi que leur stade physiologique sont des critères souvent mentionnés comme ayant un impact sur leur susceptibilité à l'ARSA (Penner et al. 2007). Ainsi selon l'étude *in silico* menée en amont de cette thèse, le pH ruminal moyen mesuré lors de différents challenges d'ARSA, chez des bovins à l'engraissement (nombre d'expérimentations = 3, nombre d'animaux = 12) était de 5,8 avec une amplitude journalière allant de 4,9 à 7,0 unité pH. Quant à celui mesuré dans chez les vaches laitières en lactation, il était de 6,1 avec une amplitude allant de 5,4 à 6,7 unité pH (nombre d'expérimentations = 67 et nombre d'animaux = 237). Les vaches en transition subissent des changements métaboliques et hormonaux drastiques en réponse à la forte demande énergétique qu'induisent le développement du fœtus, la mise bas, puis la lactation (Drackley, 1999). Ces changements augmentent le risque d'exposition des animaux à des (Drackley, 1999). Ces changements augmentent le risque d'exposition des animaux à des maladies métaboliques telles que l'ARSA juste avant et après le vêlage. Ce phénomène sera davantage accentué chez les vaches primipares qui sont fortement sollicitées d'un point de vue énergétique alors que leur capacité d'ingestion est limitée autour du vêlage. Les animaux sont alors alimentés avec des rations riches en GRF mais la capacité d'absorption des AGV au sein du rumen est potentiellement très vite limitée chez les primipares comparée à celle des multipares.

Krause and Oetzel (2006) ont d'ailleurs démontré que les vaches primipares avaient de plus forts risques d'ARSA comparé aux multipares.

L'historique de chaque individu peut également avoir un impact sur la dynamique de leur pH ruminal. Par exemple, Monteils et al. (2012) ont démontré que, chez la vache laitière, des challenges acidogènes répétés impactaient plus fortement les modifications de l'écosystème ainsi que les fermentations et activités enzymatiques au sein du rumen. Dohme et al. (2008) ont trouvé des résultats similaires et ont observé des pH ruminiaux plus bas après les 2èmes et 3èmes périodes acidogènes aussi bien pour des vaches à forts qu'à faibles risques d'ARSA.

### *État de l'art Limites du pH ruminal*

Le comportement général et alimentaire des animaux a également été souvent observé comme un facteur impactant les réponses et les susceptibilités des animaux à des inconforts digestifs induits. Leurs facultés plus ou moins développées à balancer une acidité dans le rumen par un régime riche en GRF pourrait résider dans leur capacité à modifier leur ingéré en réduisant leur régime riche en GRF pourrait

## **Chapitre II : diagnostic l'acidose métabolique chez vache laitière**

---

résider dans leur capacité à modifier leur ingéré en réduisant leur quantité ingérée ou en réduisant la taille de leurs repas pour mieux répartir l'ingestion sur la journée (Schwartzkopf-Genswein et al. 2003). Dans une autre étude, cette différence de susceptibilité à l'ARSA a aussi été reportée malgré le fait qu'elle n'apparaisse pas dépendante de la composition bactérienne du rumen (Mohammed et al. 2012), ce qui diffère des résultats obtenus par Weimer et al. (1999). Un comportement alimentaire sélectif a aussi été observé dans une étude conduite sur 24 vaches laitières par Leonardi and Armentano (2003). Les taux de passage des aliments dans le rumen sont autant de critères pouvant faire varier la susceptibilité des animaux face à l'ARSA.

L'aspect génétique pourrait expliquer cette capacité à résister à des pH ruminiaux faibles. Chen and Oba (2012) ont évalué sur 17 bovins allaitants que l'expression de certains gènes capables de reconnaître des coproduits bactériens, serait plus manifeste chez des animaux présentant des pH ruminiaux moins diminués (pH = 5,89, 6h après le repas) que d'autres animaux (pH= 4,93, 6h après le repas) soumis au même régime acidogène.

**Au vu de ces données, il apparaît alors évident que le diagnostic de l'ARSA ne peut pas uniquement reposer sur l'évaluation du pH ruminal de l'animal. Les changements chroniques, induits à l'échelle du rumen vont dans la majorité des cas, engendrer des conséquences secondaires qu'il est possible d'appréhender dans des compartiments périphériques au rumen. De plus cette maladie ayant une origine nutritionnelle, l'étude de la composition des régimes distribués aux animaux s'avère un élément d'investigation primordial pour diagnostiquer la maladie (Calsamiglia et al. 2012).**

### **Traitements curatifs :**

Les traitements curatifs visent à atténuer la chute du pH du rumen par l'ajout à la ration de substances tampons ou à modifier la flore du rumen.

#### ***5.1. Ajout de substances tampons***

##### ***Dans la ration***

L'ajout de bicarbonate de soude dans la ration des vaches laitières a fait l'objet de nombreuses recherches. Leurs résultats sont rarement univoques compte tenu de la diversité des protocoles expérimentaux relative au stade de lactation, à la nature et à la composition de la ration, à la quantité de bicarbonate ajouté et aux paramètres évalués.

Néanmoins, plusieurs observations générales peuvent être avancées.

L'ajout de bicarbonate de soude a tendance à diminuer l'ingestion de concentrés lorsqu'il est incorporé dans les concentrés à des doses supérieures à 1 % par kg de MS. Cette observation n'a pas été rapportée si l'addition se fait dans une ration totalement mélangée (Donker et Marx, 1980)

Le bicarbonate de soude doit être ajouté à la ration à la dose de 1 à 1,5 % par kg de MS (ghorbani *et al.*,

## Chapitre II : diagnostic l'acidose métabolique chez vache laitière

---

1989 Sauvant et Meschy, 2006). Au-delà, le traitement a un effet négatif sur l'appétibilité de la ration. Pour éviter une réduction de la prise alimentaire, son addition dans la ration doit être progressive (Erdman *et al.* 1982a). Il semble que pour des raisons mal expliquées, l'effet du bicarbonate de soude est optimal sur des rations à base d'ensilage de maïs, peut-être parce qu'il augmenterait le pH de l'ensilage de maïs (Edma, 1988). En bonnes conditions d'utilisation, il atténue, en post-partum, la chute de l'ingestion de la matière sèche et évite l'apparition d'une balance énergétique l'apparition d'une balance énergétique.

Le bicarbonate de soude réduit la chute de pH ruménal survenant après la prise d'aliments (Erdman *et al.* 1982b ; Rogers *et al.* 1982 ; ghorbani *et al.* 1989). Il diminue la production d'acide propénoïque, son effet sur la production des acides acétique et butyrique étant plus variable (Rogers *et al.* 1982). Son effet sur le TB dépend de la teneur en fibres de la ration et du rapport entre la quantité de concentrés et celle des fourrages. Plus la ration est riche en concentrés, plus l'augmentation du TB du lait est importante. L'efficacité de ce traitement peut être liée à différents facteurs tels que le pouvoir tampon du bicarbonate de soude. Le sodium contribue à augmenter la valeur de la BACA et la consommation d'eau ce qui entraîne une augmentation du flux de liquide ruménal (Rogers *et al.* 1982 ; Sauvant et Meschy, 2006). Il est important de souligner que l'ajout systématique de bicarbonate de soude dans des rations non acidogènes risque d'induire de l'impaction du rumen et d'avoir un effet négatif sur la digestion et la valorisation des rations. L'utilisation du sel qui carbonate de soude ( $\text{NaHCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) (SSQ) à la dose de 0,75 à 1 % par kg de MS a été préconisée car son pouvoir tampon serait supérieur à celui du bicarbonate de soude (Cassida *et al.* 1988 ; Solorzano *et al.* 1989 ; ghorbani *et al.*, 1989). De plus, il se trouve sous forme naturelle et son utilisation est moins coûteuse que celle du bicarbonate. Plusieurs auteurs ont étudié l'effet de l'ajout de SSQ dans des rations à base de maïs et de concentrés ou de fourrages comprenant du sorgho, du foin et des balles de coton distribuées à des vaches laitières en début (Cassida *et al.*, 1988), en milieu (ghorbani *et al.*, 1989) voire pendant toute la lactation (Tucker *et al.*, 1994). De ces études, il ressort que l'ajout de SSQ n'a eu que peu ou pas d'effet sur la consommation d'aliments. La production laitière, le TB du lait, et la production de lait corrigée à 4 % de Mg ont eu tendance à augmenter. Selon ces auteurs, l'amélioration des paramètres de production serait plus progressive avec le SSQ que lors de l'addition de bicarbonate et serait plus souvent observée en milieu et fin de lactation qu'au début. Plus le pH du rumen est faible (5,5), plus l'oxyde de magnésium ( $\text{MgO}$ ) est efficace pour l'augmenter. À l'inverse, un pH trop haut diminue l'efficacité du traitement (Schaefer *et al.*)1982). Son efficacité serait cependant moindre que celle du bicarbonate de soude (Erdman *et al.* 1982b). Ajouté à la ration à une concentration supérieure à 0,8 % par kg de MS, il diminue l'ingestion. À fortes doses il provoque de la diarrhée (Schaefer)

L'addition de sel ( $\text{NaCl}$ ) à la concentration de 2 % par kg de MS (Rogers) *et al.* 1982) induit une augmentation du TB du lait et une augmentation de la production de lait corrigé à 4 % de TB. Cet effet est toutefois moindre que celui observé avec le bicarbonate. Le pH moyen du rumen n'a pas été modifié

## Chapitre II : diagnostic l'acidose métabolique chez vache laitière

---

(6,02 vs 5,98 sans NaCl) mais la chute post prandiale de pH est moindre. La production d'acétate a été augmentée, celle de préopinante diminuée de 18 %, ce qui est moins important que le résultat obtenu après Ajout de bicarbonate (vs 35 %). L'addition de sel a pour conséquence une augmentation de la consommation d'eau et une augmentation du flux de liquide ruméal, ce qui diminuerait la digestion de l'amidon et donc la chute de pH qui en résulte. Intervention sur la balance alimentaire en cations et en anions Diverses études ont montré qu'une ration à haute valeur de balance alimentaire en cations et en anions (BACA) favorisait la production laitière. La distribution d'aliments à haute BACA permet de limiter la chute de pH ruméal lors de distribution de rations riches en concentrés L'effet de la BACA sur la prise d'aliments diffère suivant le niveau de concentrés utilisé et le niveau protéique de la ration. Lors de distribution de rations riches en concentrés, une BACA importante de 300 mEq/kg MS permet de sauvegarder la prise d'aliments ( Apper-Bossard *et al.* 2006)

Et d'augmenter la production laitière par ce biais. Au-delà de 300 meq/ kg MS, l'effet sur la prise alimentaire est plafonné. Une BACA haute assure le bon fonctionnement des processus fermentaires du rumen et limite la chute de TB souvent observée lors de SARA. Les AgV dans le rumen ne sont pas modifiés, mais leurs concentrations dans le sang sont augmentées suite à l'augmentation du pH ruméal qui favoriserait leur absorption. Une BACA plus haute entraînerait une légère hausse du pH sanguin, une diminution de HCO<sub>3</sub> sanguin et une augmentation de pCO<sub>2</sub>. Apper-Bossard et collaborateurs (2010) ont montré qu'une chute de HCO<sub>3</sub> était observée 4h après le repas, ce qui indiquerait que l'effet modérateur de chute de pH ruméal serait dû à une sécrétion importante d'ions HCO<sub>3</sub>. Le profil des AG du lait est modifié par l'utilisation de BACA plus haute. Il est à noter que la BACA d'une ration peut être très facilement augmentée par l'introduction d'ensilage d'herbe, naturellement riche en potassium.

### 5.2. Action sur l'écosystème du rumen :

L'addition d'antibiotiques (monensin, virginiamycine) à la ration a été proposée. Jusqu'il y a peu, les dispositions européennes en la matière interdisaient l'emploi de ces molécules. Néanmoins, l'Exxon®, bolus contenant du Monein, vient d'être introduit sur le marché européen.

L'usage de Monein permet de diminuer les populations bactériennes produisant du lactate et n'a qui impact limité lors de SARA. L'ajout de levures (*Saccharomyces cerevisiae* ; *Aspergillus oryzae*) ou de mélanges de levures et de bactéries (*Entérocoques faecium*, *propionibacterium*) au moyen de canules rumé nasale ou directement dans la ration des vaches laitières en pré- ou en post-partum a fait l'objet de nombreuses publications. La diversité des protocoles expérimentaux utilisés (stades de lactation, niveau de production laitière, quantités de levures et de bactéries ajoutées, caractéristiques de la ration, Méthodes de mesure des effets...) rendent les conclusions contradictoires (Nocek *et al.* 2002 ; Yoon et Stern, 1996 ; Chung *et al.* 2011). Il semblerait cependant que l'ajout de certaines

Souches de *Saccharomyces cerevisiae* réduirait le temps pendant lequel le pH est inférieur à 5,6 (Bach

## Chapitre II : diagnostic l'acidose métabolique chez vache laitière

---

*et al.* 2007 ; Marden *et al.* 2008 ; Chung *et al.* 2011). La digestion des fibres

S'en trouverait améliorée et la concentration en acide lactique diminuée. Ils escomptent que *Saccharomyces cerevisiae* capterait l'oxygène et favoriserait ainsi le développement de bactéries anaérobies utilisatrices de lactate (Chung *et al.*, 2011). L'analyse du micro biome du rumen a montré que la présence de certaines souches bactériennes (*Prevotella* spp.) semblait protéger contre l'acidose. L'usage de ces souches bactériennes comme probiotiques pourrait être conseillé (Khairpur *et al.* 2009c).

Le recours aux aliments riches en malte comme le foin de luzerne aurait un effet favorable sur la flore du rumen utilisant le lactate comme par exemple *Selenomonas ruminantium* (Callaway *et al.* 1997). Il en résulterait une augmentation du pH ruminal (Krause et Oetzel, 2006 ; Sauvant et Meschy., 2006).

### **prophylaxie:**

Le calcul des rations, la détermination de la proportion des fibres, de leur longueur, le type d'hydrates de carbone présents dans la ration constituent des pratiques recommandables. Il est important également de s'intéresser à la séquence de distribution des aliments. La distribution unique d'une grande quantité d'aliments a un effet acidogène. Cependant, la distribution répétée de petites quantités d'aliments augmenterait les quantités globalement ingérées et prolongerait le temps durant lequel le pH du rumen resterait en-dessous du seuil fixé (Oetzel, 2007). Aussi les aliments doivent-ils être repoussés devant l'auge plusieurs fois par jour pour que les animaux mangent un peu toute la journée plutôt que de privilégier une ingestion massive lors d'une unique distribution (Stone, 2004). Lorsqu'un épisode de jeûne précède la distribution d'aliments, que ce soit des céréales ou une ration totalement mélangée, les épisodes de SARA se manifestent plus facilement. La régularité dans la distribution des aliments a donc une importance essentielle dans la prévention de la SARA.

La quantité d'aliments distribuée doit être excédentaire de 5 à 10 % par rapport aux besoins des animaux. Ce faisant, tous les animaux auront assez de nourriture et les risques de compétition en seront diminués. L'accès à l'auge doit être suffisant (> 0,6 m/vache) (Mulligan *et al.* 2006). Des études ont mis en évidence qu'une mangeoire située 10 à 15 cm plus haute que le sol oblige les animaux à manger tête baissée, ce qui privilégie la production de salive et diminue le comportement de tri de la ration par les animaux (Krause et Oetzel, 2006). Le mélange de la ration avec des aliments liquides bien appréciés (mélasse ou solubles de blé liquides par exemple) permet une meilleure homogénéisation du mélange, une diminution du tri et diminue la fréquence de la SARA (Shaver, 2002). De même, si le passage à une RTM permet de diminuer l'incidence de la SARA, il faut respecter une séquence d'incorporation des aliments dans la mélangeuse pour empêcher les vaches de trier les aliments les plus grossiers ou au contraire de hacher trop finement les fourrages, augmentant de la sorte la quantité de particules fines.

## **Chapitre II : diagnostic l'acidose métabolique chez vache laitière**

---

Ainsi, les aliments liquides doivent être incorporés en dernier lieu pour avoir une homogénéisation optimale de la ration.

Des études ont ainsi montré que le comportement de tri augmentait suivant les séquences d'incorporation suivantes :

Aliments liquides incorporés en dernier lieu, aliments liquides incorporés aux fourrages, aliments liquides incorporés aux concentrés (Shaver, 2002). Le logement doit permettre aux animaux de se coucher confortablement pour pouvoir ruminer efficacement. Ainsi, les stabulations entravées sont à proscrire que ce soit à cause du système de distribution des aliments (quantités importantes d'aliments distribuées moins fréquemment), ou de la qualité du couchage (les vaches se couchant moins facilement et ruminant donc moins souvent dans de bonnes conditions). Les problèmes annexes tels que les boiteries doivent être traités. Il importe également de pratiquer une bonne transition alimentaire au moment du tarissement et d'éviter des tarissements trop longs (d'une durée supérieure à 2 mois). Des études épidémiologiques (Kleen *et al.* 2009) ont montré l'influence du régime des vaches tarées sur le développement ou non de la SARA en post-vêlage. Si le régime distribué aux animaux enfin de tarissement est trop pauvre en hydrates de carbone facilement fermentescibles, les papilles du rumen s'atrophient et ne sont pas capables de faire face à une alimentation très concentrée distribuée au début de la période de lactation.

## **CHAPITRE III :**

**Enquête Épidémiologie L'acidose Métabolique  
Chez Les Vaches Laitière Au Niveau La Wilaya  
De Relizane**

## Chapitre III : enquête épidémiologie l'acidose métabolique chez les vaches laitière au niveau la wilaya de relizane

---

### CONTEXTE ET OBJECTIFS

Les études expérimentales (1 et 2) mises en place durant les 3 premières années de ma thèse au niveau de DSA de wilaya de relizane et au niveau de 2 ferme aussi dans la wilaya de relizane d'abord au niveau de les 2 fermes ont permis d'améliorer les indicateurs de pH ruminiaux permettant d'objectiver l'ARSA, ainsi que ii) de développer des modèles multiparamétriques de paramètres périphériques au rumen permettant de prédire des situations d'ARSA induites.

L'objectif de la présente étude (étude 3) est d'évaluer la qualité prédictive de ces modèles multiparamétriques pour diagnostiquer l'ARSA chez la vache laitière en production sur le terrain. Afin d'identifier à la fois des animaux atteints ou non d'ARSA, des critères de risque ont été initialement utilisés à l'échelle de la ferme. Seize exploitations agricoles appartenant aux réseaux de fermes OUSSAAD INOUJEL (financeurs du projet) ont été identifiées pour réaliser l'étude de validation. Parmi elles, 8 fermes avaient un risque élevé de contenir des animaux en ARSA au sein du troupeau et 8 autres fermes ont été pressenties comme ayant de faibles risques de rencontrer des animaux en ARSA. Quatre primipares de chaque élevage ont ensuite été systématiquement utilisées pour participer à cet essai. Au total des analyses ont été effectuées sur 32 vaches (**FERME+**) issues de 8 élevages à fort risque d'ARSA et 32 vaches (**FERME-**) issues de 8 élevages à faible risque d'ARSA. Par la suite, les nouveaux indicateurs du pH ruminal identifiés dans l'étude1 (Villot et al. 2017b) ont été évalués individuellement sur les animaux échantillonnés afin d'identifier uniquement les animaux présentant des instabilités au niveau de leur pH ruminal (**ARSA+**) dans les **FERME+** et ceux n'en présentant pas (**ARSA-**) dans les **FERME-**. Les modèles développés dans l'étude 1 ont alors été testés sur les animaux confirmés comme appartenant aux groupes **ARSA+** et **ARSA-**. Ce travail expérimental a été conduit de Février à Mars 2017 et l'analyse des résultats n'est pas finalisée. Seuls les principaux résultats disponibles à ce jour sont rapportés ici.

# Chapitre III : enquête épidémiologie l'acidose métabolique chez les vaches laitières au niveau la wilaya de relizane

## ÉVALUATION TERRAIN DES MODÈLES MULTIPARAMÉTRIQUES PRÉDICTIFS DE L'ARSA CHEZ LA VACHE LAITIÈRE

### Objectifs :

- Évaluer la capacité de modèles de paramètres périphériques au rumen pour la prédiction de l'ARSA chez les vaches laitières primipares en ferme (étude 3)

### Matériel & Méthodes :

Indicateurs de sélection

Fermes :  
• Ration  
• Lait



Animal :  
• NpH ruminal



	27 ARSA-		14 ARSA+		P-value
	Moyenne	SEM	Moyenne	SEM	
pH					
Amplitude, unité pH	0,66	0,02	0,92	0,03	< 0,001
Ecart type, unité pH	0,13	0,01	0,21	0,01	< 0,001
Temps passé sous NpH < -0,3, min/j	13	3	131	15	< 0,001
Lait					
TB/TP	1,35	0,05	1,14	0,05	0,013
Urée, mmol/L	5,18	0,22	4,01	0,36	0,014
PL, kg/j	30,1	1,1	31,6	1,44	0,750
Jours de lactation	70	6	109	7	0,051

- Echantillonnage de 64 primipares équitablement réparties en 16 fermes dont 8 présentaient un faible risque d'ARSA (FERME-) et 8 autres un fort risque (FERME+)
- Evaluation au sein de chaque groupe des individus en ARSA (ARSA+) ou non (ARSA-) en fonction de leurs indicateurs NpH calculés à partir de cinétique pH (bolus intra-ruminal)
- Evaluation de 15 modèles prédictifs de l'ARSA à l'échelle individuelle

### Résultats :

Modèle	Matrices et paramètres constituant les modèles						Capacité prédictive	
	Matrice	Paramètre	Matrice	Paramètre	Matrice	Paramètre	Se	Sp
12	Comportement	Nb de buvées	Feces	pH	Lait	Urée	57.1	86.4
16	Feces	pH	Lait	Urée			64.3	77.3
8	Sang	$\beta$ -OH	Lait	Urée			69.2	66.7
5	Sang	$\text{HCO}_3^-$	Lait	Urée			78.6	42.9
18	Feces	pH	Lait	TB/TP			57.1	64.0
11	Lait	Urée,	Urine	pH			61.5	55.0
13	Lait	<i>trans-10:11</i> C18:1	Salive	Urée			71.4	44.4

- Difficultés d'échantillonner des animaux en ARSA (44% des animaux dans FERME+).
- Tous les modèles de l'étude 1 n'ont pas pu être évalués du fait de paramètres non mesurables en ferme (MSI et rumination)
- Sp et Se plus faibles que dans l'étude expérimentale (étude 1)
- Le modèle 5 (**concentration en  $\text{HCO}_3^-$  dans le sang et en urée dans le lait**) est le plus sensible même s'il implique une détection abusive de l'ARSA chez les animaux sains puisque présentant une faible spécificité (Sp = 42.9)

### Conclusion :

- Certains modèles présentent une bonne sensibilité pour prédire l'ARSA sur le terrain mais avec l'inconvénient de détecter de nombreux faux positifs.
- Nécessité d'**améliorer la spécificité** des modèles en intégrant plus de paramètres à l'échelle individuelle ou de la ferme

## MATERIEL & METHODES

### Echantillonnage des animaux participant à l'essai

*Critères de risques utilisés pour identifier les FERME+ et les FERME* Des fermes ont été pré identifiées par les techniciens d'élevage de Terrain et oussad selon des critères de risque laitier et alimentaire couramment évalués lors d'ARSA (Figure 15). Les données des contrôles laitiers réalisés au maximum 1 mois en amont de l'essai ont permis d'obtenir des valeurs de TB /TP et de concentration en urée dans le lait à l'échelle du troupeau et individuelle.

## Chapitre III : enquête épidémiologie l'acidose métabolique chez les vaches laitières au niveau la wilaya de relizane

---



## Chapitre III : enquête épidémiologie l'acidose métabolique chez les vaches laitières au niveau la wilaya de relizane

---



Des critères de rationnement tels que les pourcentages en concentrés, fourrages, NDF, NDF fourrages et en amidon ont également été évalués par les techniciens d'élevage.

Le classement d'une ferme dans le groupe à risque élevé d'ARSA (FERME+) ou dans celui à risque faible (FERME-) a été effectué en fonction de seuils limites établis pour ces critères à l'échelle de la ferme. Les seuils limites transmis aux techniciens sont issus d'une part des données fournies par Sauvart et Peyrard (2010) pour les caractéristiques des rations. D'autre part, ceux utilisés pour le ratio TB/TP et concentration d'urée dans le lait sont issus des résultats de l'étude 1. Ces seuils limites sont présents dans la Figure 15. *Echantillonnage des animaux* Quatre primipares dont le stade physiologique était au plus proche du pic de lactation (entre 20 à 60 jours de lactation) ont été sélectionnées dans chaque élevage. Finalement, l'échantillon pour cette étude était constitué de 64 animaux équitablement répartis entre les 2 groupes FERME+ et FERME-.

### **Enquête auprès des éleveurs, prélèvements et analyses.**

*Enquêtes auprès des éleveurs* Lors de notre venue dans les 16 élevages sélectionnés, nous avons enquêté auprès des éleveurs afin de caractériser précisément les élevages inclus dans l'étude. Ainsi, le questionnaire que nous avons élaboré a permis de recueillir de nombreuses informations sur le système et la conduite de l'alimentation des fermes sélectionnées, sur les heures de distribution, le mode de distribution des aliments, le type de rations ou encore sur le nombre de repas ou le nombre de repousées par jour de la ration. L'atelier végétal a également été décrit avec la segmentation du parcellaire, la proportion en maïs et en herbe ou encore le type de céréales produites sur l'exploitation

## Chapitre III : enquête épidémiologie l'acidose métabolique chez les vaches laitière au niveau la wilaya de relizane

---



### Chapitre III : enquête épidémiologie l'acidose métabolique chez les vaches laitière au niveau la wilaya de relizane

---



## Chapitre III : enquête épidémiologie l'acidose métabolique chez les vaches laitières au niveau la wilaya de relizane

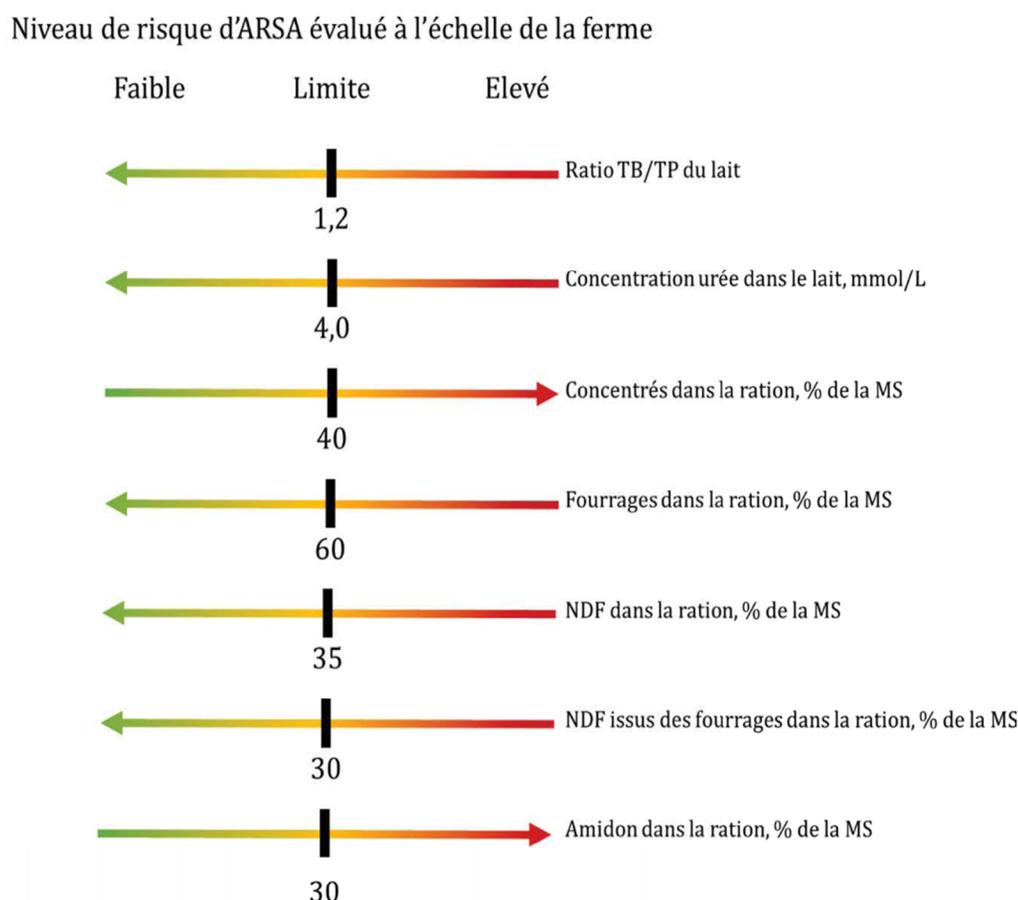


Figure 15 : Seuils de risque des critères laitiers et alimentaires (Sauvant et Peyraud 2010) utilisés pour catégoriser les fermes à risque (FERME+) ou non d'ARSA (FERME-)

TB : Taux Butyreux, TP : Taux Protéique, MS : Matière Sèche, NDF : Neutral Detergent Fiber

La sante des animaux a l'échelle du troupeau a été appréhendée et un recueil sanitaire des 6 derniers mois sur les 4 vaches de l'étude a été effectuée. Par ailleurs, et pour appuyer les résultats collectés en amont par les techniciens sur les caractéristiques alimentaires, une vérification de la composition des rations a été effectuée dans chaque ferme. Les valeurs alimentaires théoriques des rations ont été calculées selon les tables INRA (INRA, 2017) en se basant sur les informations collectées via les étiquettes des produits commerciaux distribués et les résultats d'analyses chimiques disponibles de certains aliments. Un échantillon homogène de chaque ration mélangée a également été collecté et est actuellement en cours d'analyse chimique.

### *Prélèvements et Analyses :*

Soixante-quatre animaux issus des 16 fermes ont été échantillonnés sur une période de 15 jours à raison de 2 fermes par jour avec chacune 4 animaux utilisés pour notre étude. Des échantillons des différents compartiments ont tous été prélevés entre 2 et 4 heures après la distribution de la ration du matin excepté pour le lait. Communiqué par l'éleveur.

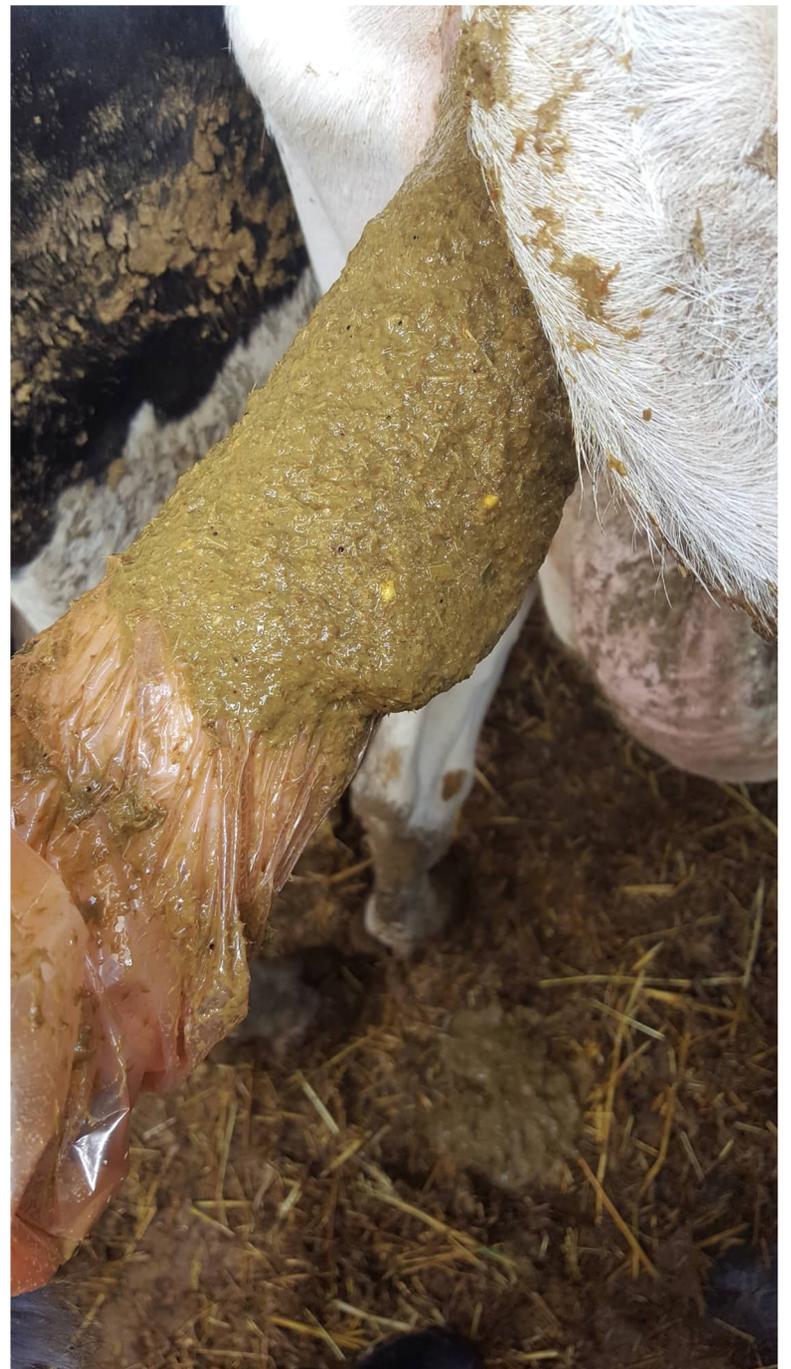
**Fèces.** Les échantillons de fèces ont été obtenus par défécation volontaire ou par fouille rectale. Les fèces étaient récoltées, avant qu'elles ne touchent le sol, dans des pots de 500 ml. Le pH a été mesuré,

### Chapitre III : enquête épidémiologie l'acidose métabolique chez les vaches laitière au niveau la wilaya de relizane

---

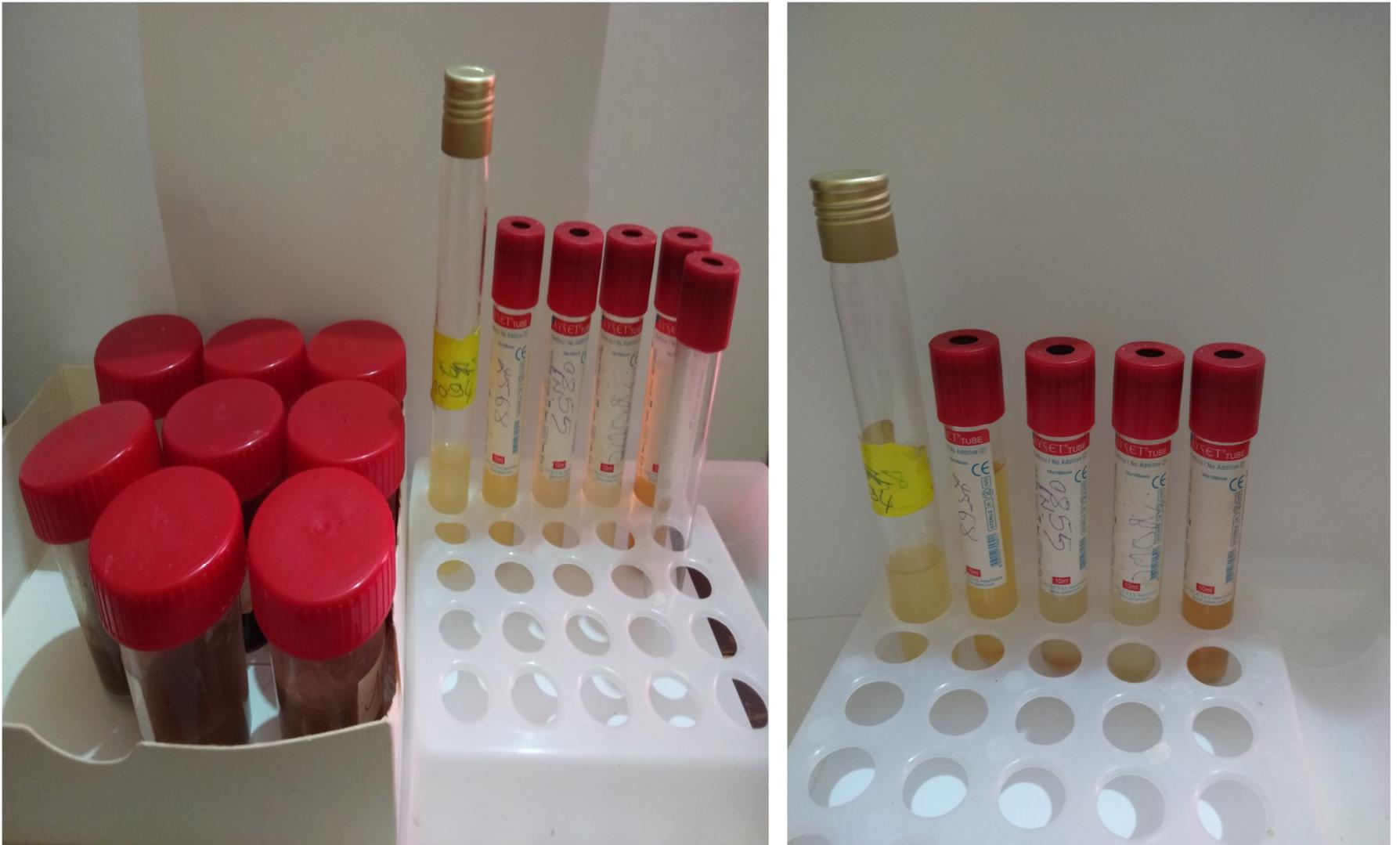
immédiatement après le prélèvement a l'aide d'un pH-mètre portatif. Issu du contenant initial, 400 ml, soit 450 g, ont été prélevés pour effectuer un tamisage des fèces selon 2 grilles de 5 et 2 mm de diamètres comme décrit par (Veillot et al., 2017b) et ainsi obtenir le poids de chaque fraction du tamis.

**Urine.** Les échantillons d'urine ont été obtenus par miction volontaire dans des pots de 500 ml. Le pH a été mesure, immédiatement près le prélèvement.



### Chapitre III : enquête épidémiologie l'acidose métabolique chez les vaches laitière au niveau la wilaya de relizane

---



Lait. Un échantillon de lait homogène au cours de la traite a été récupéré pour chaque animal. Un flacon de 10mL a été préparé en prévision des dosages des AG individuel suivant la méthode décrite par et al. (2019). Un autre échantillon de 10mL a, quant à lui, été conditionné avec du potassium dichromate et conservé à 4°C jusqu'à analyse par le contrôle laitier dans les 48h

Suivant le prélèvement. Les dosages de protéines, matières grasses, urée et des cellules somatiques ont été effectués en spectrophotométrie infra-rouge par le laboratoire Mostaganem. Enfin, la production laitière journalière des animaux nous a été communiquée par l'éleveur.

# Chapitre III : enquête épidémiologie l'acidose métabolique chez les vaches laitière au niveau la wilaya de relizane

---



### Chapitre III : enquête épidémiologie l'acidose métabolique chez les vaches laitière au niveau la wilaya de relizane

---

**Sang.** Quatre tubes de sang ont été prélevés par ponction a la veine jugulaire. Des analyses de gaz du sang ont été effectuées dans la demi-heure suivant le prélèvement selon la méthode décrite dans Villot et al. (2017b) et un tube contenant de l'acide éthylène diamine tetra-acétique (**EDTA**) a été envoyé au laboratoire (MOSTAGANEM) afin de réaliser les numérations de formules sanguines. Deux tubes EDTA et lithium héparine (**LH**) ont été centrifuges a 3 400 g pendant 15min, avant d'aliquote les surnageant puis de les congeler a -20°C. Par la suite le cholestérol, glucose,  $\beta$ -OH ont été analyses selon Villot et al. (2017b).

**Salive.** Les échantillons de salive ont été prélevés grâce a une pince a clamer munie décompresses. Cette pince a été introduite dans la cavité buccale, entre les gencives et la joue de l'animal, pour récolter de la salive. Ces compresses ont été centrifugées a 2 500 tours pendant 2 min dans des cônes de pipettes de 5 ml poses sur des tubes en plastique de 10 ml assurant une configuration entonnoir pour recueillir de la salive. Le pH salivaire à été mesure, immédiatement après la centrifugation.

**Bolus ruminiaux.** Le jour des prélèvements, chaque animal a été équipé d'un bolus reticuloruminal selon la méthodologie et les caractéristiques décrites par le fabricant. Des données ont été téléchargées sur une durée de 90 jours a raison de 4 fois par animal, soit tous les 20 jours environ. Les cinétiques de pH récoltées ont ensuite été analysées sur une période de 20 jours consécutifs a la pose du bolus et commune a chaque ferme. Les indicateurs journaliers NpH et absolus ont alors été calculés sur cette période (Villot et al., 2018b). Finalement, l'amplitude, l'écart type journalier ainsi que le temps passe sous pH relatif de -0,3 unités pH ont été les indicateurs retenus pour évaluer le risque d'ARSA chez les 64 animaux.



## Chapitre III : enquête épidémiologie l'acidose métabolique chez les vaches laitière au niveau la wilaya de relizane

Critères	FERME-		FERME+		p-value
	Moyenne	SEM	moyenne	SEM	
Ration, %MS					
Concentres	23,9	1,3	30,0	1,2	0,001
Fourrages	74,5	1,2	69,2	1,5	0,001
NDF Totaux	37,7	1,0	37,5	0,5	0,536
NDF Fourrages	32,6	1,0	30,6	0,7	0,189
Amidon	21,7	1,1	23,8	1,07	0,779
Sucres	6,1	0,21	7,10	0,24	0,076
GRF	28,8	1,1	30,6	1,2	0,694
Nombre de repas, /jour	1,3	0,3	1,3	0,2	0,999
Nombre de repousse de repas,/jour	5,3	0,5	2,4	0,4	< 0,001
Lait (ferme) <sup>1</sup>					
TB/TP	1,30	0,05	1,04	0,06	< 0,001
Urée, mol/L	5,01	0,23	3,92	0,24	0,001
Lait (animaux échantillonnes) <sup>2</sup>					
TB/TP	1,35	0,05	1,17	0,03	< 0,001
Urée, mol/L	5,11	1,12	4,30	1,01	0,001

**Tableau 1 : Critères de risques de l'ARSA évalués en amont de l'étude selon les caractéristiques des rations et des paramètres laitiers des 16 fermes étudiées et répartis en 2 groupes FERME+ et FERME-**

SEM : Somme des Ecart Moyen, GRF : Glucide Rapidement Fermentescible, TB : Taux Butyreux,

TP : Taux Protéique, NDF : Nneutral Détergent Fibre \*Test de mis en œuvre afin de détecter les différences significatives entre le groupe FERME+ et FERME-.

<sup>1</sup> Données calculées à partir du lait tank des 16 fermes qui sont issues des mesures effectuées par le contrôle laitier au maximum 1 mois avant l'essai.

<sup>2</sup> Données calculées uniquement sur le lait individuel des 64 animaux échantillonés pendant l'essai mais issues des mesures effectuées par le contrôle laitier au maximum 1 mois avant l'essai.

### RESULTATS

#### Description générale des fermes reparties dans les 2 groupes FERME+ et FERME

Les données concernant les critères alimentaires et les critères laitiers des 16 fermes sont recensées dans le Tableau 12. Aucune valeur de critère alimentaire ne dépasse le seuil de risque élevé d'ARSA propose sur la Figure 15. Néanmoins ces valeurs présentent un risque plus élevé d'induire de l'ARSA au sein des FERME+. Le pourcentage en concentrés dans la ration était significativement ( $P < 0,05$ ) plus important dans le groupe FERME+ par rapport au group FERME-. Une tendance est observée pour le pourcentage de sucres qui semble plus élevé dans le groupe FERME+ compare au groupe FERME- ( $P < 0,1$ ). Les autres critères alimentaires ne varient pas significativement entre les 2 groupes.

## **Chapitre III : enquête épidémiologie l'acidose métabolique chez les vaches laitières au niveau la wilaya de relizane**

---

Concernant les modalités de distribution des rations, il a été montré que le nombre de repousses du fourrage par jour, discrimine significativement le groupe FERME+ du groupe FERME- (2,4 } 0,4 vs 5,3 } 0,5 respectivement) alors que le nombre de repas par jour n'est pas différent entre les 2 groupes (1,3 } 0,3 vs 1,3 } 0,2 respectivement). Concernant les critères laitiers obtenus sur du lait de tank le mois précédant l'étude, le ratio TB/TP était significativement plus faible dans les FERME+ par rapport aux FERME-

(Respectivement 1,04 } 0,06 vs 1,30 } 0,05). La concentration en urée dans le lait était elle aussi significativement plus faible dans le groupe FERME+ par rapport au groupe FERME- (respectivement 3,92 } 0,24 vs 5,01 } 0,23 mol/L). Ce classement des fermes a été confirmé par l'analyse des laits individuels (n=64) des animaux échantillonnés en amont de l'essai (tableau 1).

### **Animaux sélectionnés en ARSA+ et ARSA-**

Tableau 13 recense les 3 indicateurs NpH qui ont permis de confirmer l'appartenance ou non à leur groupe ARSA+ ou ARSA-. Sur les 64 bolus placés dans les animaux, un seul bolus placé dans une vache ARSA- n'a pas pu être détecté durant toute la durée de l'étude. Au total 27/32 animaux initialement choisis dans des FERME- ont été classés dans le groupe ARSA- à l'échelle individuelle et 14/32 animaux initialement choisis dans des FERME+ ont été classés dans le groupe ARSA+ à l'échelle individuelle (Tableau 13). Les vaches différemment classées avec le NpH ruminal et le niveau de risque d'ARSA de la ferme ont été supprimées du jeu de données pour tester le potentiel

Prédictif des modèles multiparamétriques (n = 23 dont 19 en FERME+ et 4 en FERME- dont 1 donnée manquante sur 1 animal)

Finalement, les 2 groupes ARSA+ (n=14) et ARSA- (n=27) présentaient respectivement des critères laitiers évalués pendant l'essai avec des niveaux de risques élevés et faibles face à l'ARSA. La production laitière moyenne et le nombre de jours de lactation entre les 2 lots n'étaient pas statistiquement différents ( $P > 0,05$ ) (Tableau 14).

### **Evaluation des modèles prédictifs sur les animaux ARSA+ et ARSA-**

Tableau 2 recense les capacités prédictives de chaque modèle multipare métrique pour la détection de l'ARSA qui ont été testées avec les données issues de l'étude en ferme commerciale. Dans ce tableau, les modèles ont été classés par ordre décroissant de leurs valeurs combinées de sensibilité et spécificité. Dans nos conditions expérimentales, le modèle n°12 combinant le nombre de buvées par jour, la concentration en urée dans le lait et le pH fécal, présente la meilleure combinaison pour prédire l'ARSA (Se = 57,1% et Sp = 86,4%) chez la vache laitière. Ce dernier obtient également la meilleure valeur de spécificité pour le diagnostic de l'ARSA. Le modèle ayant quant à lui la meilleure capacité à prédire des animaux atteints d'ARSA (Se = 78,6%) au détriment d'une spécificité plus faible (Sp = 42,9%) est le modèle n°5 qui combine les concentrations en HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> dans le sang et en urée dans le lait.

## **Chapitre III : enquête épidémiologie l'acidose métabolique chez les vaches laitières au niveau la wilaya de relizane**

---

### **DISCUSSION**

Le but de cet essai était d'évaluer sur le terrain les modèles multipare métriques développés dans l'étude 1 sur des vaches laitières en situation d'acidose provoquée. Un prérequis au bon déroulement de cette évaluation réside dans l'identification objective d'animaux atteints ou non

D'ARSA. Une première sélection, basée sur des facteurs de risques d'ARSA à l'échelle de la ferme, nous a conduits à sélectionner 8 fermes à fort risque d'ARSA (FERME+) et 8 fermes à faible risque (FERME-). Les indicateurs individuels de pH ruminal, mesurés en cinétique sur les 4 animaux

Échantillonnés au sein de chaque ferme ont permis de confirmer l'état individuel de chaque animal face à l'ARSA. Les capacités prédictives des modèles ont alors été testées sur des animaux d'élevages présentant ou non des conditions d'ARSA (27 animaux en ARSA- et 14 animaux en ARAS+).

Tableau3 «: Critères des animaux en ARSA+ et ARSA- mesurés individuellement sur les 41

Animaux utilisés pour tester les modèles multiparamétriques de prédiction de l'ARSA

### **Sélection des fermes**

Des critères de risques concernant la ration et le lait à l'échelle du troupeau ont été utilisés pour identifier les fermes dans lesquelles des animaux ont été échantillonnés. Le ratio TB/TP et la concentration en urée évaluée dans le lait de tank présentaient un risque d'ARSA significativement plus élevé dans les FERME+ par rapport aux FERME-. La même conclusion a été obtenue à partir des laits individuels des 64 animaux collectés en amont de l'essai. Ainsi, les indicateurs laitiers évalués à l'échelle du troupeau reflétaient ceux des animaux échantillonnés en individuel et s'avèrent donc être de bons critères à considérer, soit à l'échelle de l'individu, soit à l'échelle du troupeau pour évaluer ce critère de risque. Concernant la ration, le groupe Fermes 'inscrivait bien dans des seuils de risques faibles vis-à-vis des recommandations précédemment instaurées. En revanche, les rations des FERME+ présentaient peu de risques à l'ARSA selon ces mêmes recommandations. Ces résultats mettent en évidence nos difficultés à trouver des fermes avec de forts risques d'ARSA dans les élevages laitiers mis à notre disposition pour cette étude. Les systèmes d'unités d'alimentation rénovés (Systali permettent d'ajuster de façon très précise les besoins des animaux. Ajouté au fait que les éleveurs de cet essai étaient techniquement bien accompagnés et donc sensibilisés à l'importance d'une bonne gestion du poste alimentation dans leur élevage, il semblerait alors que des pratiques alimentaires à risques soient de plus en plus difficiles à trouver dans les élevages affiliés aux réseaux de nos financeurs. Malgré tout et de manière générale, le niveau de risque d'ARSA lié aux caractéristiques de la ration était toujours plus élevé pour le groupe FERME+ par rapport au groupe FERME-. Les pourcentages de concentrés et des sucres dans la ration étaient significativement plus élevés dans le groupe FERME+. D'autres caractéristiques non chimiques de la ration sembleraient importantes à prendre en compte comme par

### **Chapitre III : enquête épidémiologie l'acidose métabolique chez les vaches laitière au niveau la wilaya de relizane**

---

exemple la répartition des repas sur la journée ou encore la taille des particules alimentaires. En effet, lorsqu'on intègre a posteriori ces paramètres dans l'évaluation du risque d'ARSA sur le terrain, nos 2 groupes FERME+ et FERME- sont bien discriminés. A l'avenir, nous proposons donc que ces paramètres de rationnement (taille particules, fréquence d'alimentation) soient investigués dans le diagnostic des fermes a risque d'ARSA.

**Si certains paramètres alimentaires et laitiers ont permis de discriminer nos élevages a fort et faible risques d'ARSA, il apparait néanmoins nécessaire de confirmer a l'échelle individuelle l'état d'ARSA chez les animaux sélectionnés afin d'évaluer la capacité**

#### **Sélection des animaux dans les groupes ARSA+ et ARSA -**

Un point fort de ce travail de thèse a été de proposer des seuils de risque de l'ARSA basés sur nouveaux indicateurs de pH ruminiaux (études 1 et 2). Ainsi il est possible d'évaluer le niveau de risque individuel des animaux de la présente étude en fonction des indicateurs relatifs NpH préétablis. Trois indicateurs journaliers informatifs des variations (amplitude et écart type) et des chutes du pH ruminal (temps passe sous NpH -0,3) ont permis de caractériser objectivement l'état d'ARSA des animaux de cet essai terrain. Dans ce contexte, nous nous sommes appuyés sur ces indicateurs pour identifier les animaux ARSA+ et ARSA- respectivement dans les FERME+ et FERME-. Pour ce faire, nous avons confirmé le classement d'un animal en ARSA+ lorsque son indicateur « temps passe sous NpH -0.3 » était supérieur a la valeur seuil de 50 min/jour et quand au moins un des deux indicateurs (amplitude et / ou écart type) traduisant les variations de pH journalier était supérieur a sa valeur seuil (0,8 et 0,2 unité pH respectivement). Ainsi, l'analyse des indicateurs NpH montre qu'un nombre plus important d'animaux en ARSA- a été détecté dans le groupe FERME- par rapport au nombre d'animaux détecté en ARSA+ dans le groupe FERME+. En effet les indicateurs NpH permettent de confirmer 84% des animaux en ARS contre 44% des animaux en ARSA+. Comme pressenti avec les faibles niveaux de risques d'ARSA recensés sur les caractéristiques des rations dans les FERME+ de cet essai terrain, il est confirmé avec les données pH que certains animaux provenant de ces fermes ne présentaient pas d'altérations de leur pH ruminal durant les 20 jours d'analyse. Le niveau de risque d'ARSA était alors certainement trop faible au sein des FERME+ pour garantir l'étude de 100% d'animaux atteints de la maladie même en sélectionnant les plus a risque (primipares pic de lactation). Toutefois il s'est également avéré compliqué de sélectionner uniquement des primipares autour du pic de lactation (période ou le risque d'ARSA est maximal) du fait du nombre restreint d'animaux primipares a ce stade physiologique dans les fermes. Ainsi les primipares sélectionnées dans les 2 groupes étaient en moyenne a 20 jours après le pic de lactation soit dans une période ou le risque n'est pas maximal mais toujours très présent.

## **Chapitre III : enquête épidémiologie l'acidose métabolique chez les vaches laitière au niveau la wilaya de relizane**

---

**Les facteurs de risque évalués à l'échelle de la ferme n'ont pas suffi à garantir l'identification de 32 animaux en ARSA. L'analyse individuelle des indicateurs NpH nous a permis d'objectiver les conditions du pH ruminal de chaque animal. Ainsi la qualité prédictive des modèles a été évaluée sur des individus dont le classement dans les groupes à risque ou non d'acidose était conforté par les indicateurs NpH.**

### **Des combinaisons de paramètres périphériques au rumen pour objectiver l'ARSA**

Une de nos hypothèses de travail résidait dans le fait qu'une combinaison de paramètres périphériques au rumen pourrait contribuer à améliorer le diagnostic de l'ARSA sur le terrain. Les modèles développés ont montré de meilleures capacités prédictives de l'ARSA en condition expérimentale contrôlée (étude 1) que sur le terrain. Ceci peut s'expliquer par le fait que les modèles ont été développés et testés (validation interne) avec des données en partie confondues puisque toutes issues de l'étude longitudinale ou l'ARSA a été induite sur les mêmes animaux. Même si des données répétées ont été moyennées à l'échelle des 2 premières périodes de l'étude 1 (contrôle, ARSA) pour construire les modèles, l'évaluation de leur capacité prédictive a ensuite été effectuée sur des données à l'échelle de la semaine sur les 3 périodes de l'étude 1 (contrôle, ARSA, récupération). De plus, de la variabilité a pu être apportée par les animaux eux-mêmes ou par les méthodes de mesures employées pour mesurer les différents paramètres entre les 2 études. En effet, malgré notre souhait de standardiser au maximum les méthodes, certains paramètres ont été analysés dans d'autres conditions ou avec d'autres appareils au cours des études 1 et 3. Par exemple, le  $\beta$ -OH dans le sang a été dosé avec le même appareil mais avec des lots de réactifs provenant de fournisseurs différents. Les résultats entre les 2 études ne semblent pas du même ordre de grandeur (en moyenne  $0,43 \pm 0,09$  vs  $0,91 \pm 0,21$  mmol/L pour l'étude 1 (période contrôle) et l'étude 3 (groupe ARSA-), respectivement. Aussi, pour s'affranchir d'une partie du biais potentiel lié à la méthode d'analyse, tous les modèles ont été calculés à l'aide de coefficients normalisés utilisant le poids relatif de chaque variable indépendamment de sa valeur absolue. Par ailleurs, dans l'étude 3 nous avons éprouvé la fiabilité des modèles développés sur des animaux en ARSA ou non, conduits néanmoins dans différentes fermes avec des environnements différents. Ainsi la variabilité apportée au sein de l'étude 3 est bien plus grande que celle apportée par l'étude 1, premièrement du fait du grand nombre d'animaux impliqués ( $n=47$ ) et deuxièmement du fait de la diversité des fermes recrutées ( $n=16$ ).

**Les capacités prédictives de l'ARSA par les modèles multiparamétriques développés sont moins bonnes en condition terrain comparativement à une situation expérimentale contrôlée. La plus grande variabilité présente sur le terrain pourrait, en partie, expliquer cette baisse de qualité de prédiction des modèles pour l'ARSA**

## **Chapitre III : enquête épidémiologie l'acidose métabolique chez les vaches laitière au niveau la wilaya de relizane**

---

.souhait de standardiser au maximum les méthodes, certains paramètres ont été analysés dans d'autres conditions ou avec d'autres appareils au cours des études 1 et 3. Par exemple, le  $\beta$ -OH dans le sang a été dosé avec le même appareil mais avec des lots de réactifs provenant de fournisseurs différents. Les résultats entre les 2 études ne semblent pas du même ordre de grandeur (en moyenne 0,43 } 0,09 vs 0,91 } 0,21mmol/L pour l'étude 1 (période contrôle) et l'étude 3 (groupe ARSA-), respectivement. Aussi, pour s'affranchir d'une partie du biais potentiel lié à la méthode d'analyse, tous les modèles ont été calculés à l'aide de Coefficients normalisés utilisant le poids relatif de chaque variable indépendamment de sa valeur absolue. Par ailleurs, dans l'étude 3 nous avons éprouvé la fiabilité des modèles développés sur des animaux en ARSA ou non, conduits néanmoins dans différentes fermes avec des environnements différents. Ainsi la variabilité apportée au sein de l'étude 3 est bien plus grande que celle apportée par l'étude 1, premièrement du fait du grand nombre d'animaux impliqués (n=47) et deuxièmement du fait de la diversité des fermes recrutées (n=16).

**Les capacités prédictives de l'ARSA par les modèles multiparamétriques développés sont moins bonnes en condition terrain comparativement à une situation expérimentale contrôlée. La plus grande variabilité présente sur le terrain pourrait, en partie, expliquer cette baisse de qualité de prédiction des modèles pour l'ARSA.**

### **Les meilleurs modèles prédictifs de l'ARSA :**

Un diagnostic précis d'une maladie se caractérise par des indicateurs ayant des sensibilités et des spécificités élevées pour sa détection. Une sensibilité élevée est recherchée lorsque l'on souhaite détecter une maladie grave mais qui est facilement traitable alors qu'une spécificité élevée est recherchée lorsque la maladie que l'on souhaite diagnostiquer est moins grave mais que le traitement est plus lourd à mettre en place (Zou et al., 2007). Dans notre étude, un diagnostic de l'ARSA avec une grande sensibilité et une faible spécificité va détecter la majorité des animaux malades lorsqu'ils sont en ARSA mais il va aussi détecter des animaux malades alors qu'ils ne le sont pas (faux positifs). Dans ce cas, le diagnostic permet de détecter de façon très exhaustive tous les malades mais d'autres éléments devront être apportés pour confirmer la maladie chez les vrais positifs et l'invalider chez les faux positifs. Le modèle (n°12) combinant 3 variables, le nombre de buvées par jour, le pH fécal et la concentration en urée dans le lait, semble être celui présentant la meilleure combinaison prédictive (combinaison de sensibilité et spécificité) des animaux identifiés en ARSA puisque 57,1% des animaux ARSA+ ont été détectés avec ce modèle (Se) et 86,4% des animaux ARSA- ont été confirmés sains (Sp). Ce même modèle a également la plus haute valeur de spécificité sur les 15 retenus. Les 5 meilleurs modèles (basés sur la combinaison Se+Sp : modèle n°12, 16, 8, 5, et 18) utilisent des paramètres parfois redondants. Ces paramètres ont également de bonnes capacités à discriminer des situations d'ARSA sur le terrain, il

### **Chapitre III : enquête épidémiologie l'acidose métabolique chez les vaches laitière au niveau la wilaya de relizane**

---

serait envisageable de tous les combiner pour construire de meilleurs modèles prédictifs pour le terrain. Par exemple, les concentrations en urée dans le lait,  $\beta$ -OH et  $\text{HCO}_3^-$  dans le sang, le pH fécal, le ratio TB/TP dans le lait et le nombre de buvées par jour pourraient être utilisés pour construire un modèle à 6 variables afin de maximiser le potentiel prédictif. La construction des modèles avec le jeu de données de l'étude 1 s'est limitée à intégrer 2 ou 3 variables car des effets de colinéarité apparaissaient si le nombre de variables était augmenté. Il sera donc nécessaire de vérifier que ce phénomène ne se présente pas avec ces données terrain avant de pouvoir construire des modèles plus riches en variables. Un modèle très sensible (ex : modèle n°5 : concentrations en  $\text{HCO}_3^-$  dans le sang et urée dans le lait) pourra quant à l'heure actuelle être utilisé pour diagnostiquer 78,6% des animaux ARSA- mais au détriment de la spécificité et donc avec un risque accru de détecter un plus grand nombre de faux positifs (57,1% de faux positifs). Les conséquences seraient alors une bonne détection des animaux malades mais additionnée à une détection abusive de l'ARSA chez les animaux sains qui pourrait inciter à des actions préventives non justifiées dans ce dernier cas.

Toutefois, le traitement de cette maladie chronique est souvent effectué par un réajustement des apports alimentaires des individus, ce qui ne nécessite pas de médication particulière des animaux et n'entraîne alors que très peu de surcoût financier pour les éleveurs si son diagnostic est abusif. En revanche, une situation d'ARSA installée induit des baisses de production et par voie de conséquence, aura un impact non négligeable sur la rentabilité économique des éleveurs

(,2018). Auquel cas, nous pensons qu'il est plus judicieux d'utiliser les modèles les plus sensibles possible (Se élevée) au risque de déboucher sur un diagnostic abusif. Le modèle (modèle 5) présentant ces caractéristiques comporte deux paramètres facilement mesurables sur le terrain : les concentrations en  $\text{HCO}_3^-$  dans le sang et en urée dans le lait. Même si le dosage des  $\text{HCO}_3^-$  sanguins nécessite une prise de sang, elle peut généralement être effectuée par l'éleveur s'il le souhaite. La limite de ce modèle réside plutôt dans la capacité de mesure des gaz du sang rapidement après l'échantillonnage. L'éleveur devra alors soit se munir d'un appareil soit être en mesure de transmettre ses échantillons rapidement à un laboratoire ou une clinique vétérinaire. Si des solutions peu contraignantes sont trouvées pour mesurer ce paramètre, ce modèle pourra alors être utilisé pour faciliter le diagnostic de l'ARSA sur le terrain.

**Aucun modèle prédictif développé dans ce travail ne permet d'obtenir une très bonne sensibilité assortie d'une très bonne spécificité pour prédire l'ARSA sur le terrain. Toutefois, nous proposons de privilégier les modèles assurant une bonne sensibilité au risque d'augmenter la proportion de faux positifs.**

# **Conclusion Générale**

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Afin d'évaluer sur le terrain la qualité prédictive des modèles développés dans l'étude 1, nous avons validé les animaux qui étaient en ARSA ou non par le biais d'indicateurs de niveau de risque à l'échelle de la ferme et d'indicateurs individuels (NpH ruminal). Sur les 64 vaches primipares recrutées au début de l'étude, les modèles prédictifs de l'ARSA ont été évalués sur 27 vaches en ARSA- et 14 vaches en ARSA+. Le modèle combinant les concentrations en  $\text{HCO}_3^-$  dans le sang et l'urée dans le lait permet de prédire presque 80% des animaux atteints d'ARSA, mais ce modèle présente une faible spécificité impliquant une détection abusive d'animaux en ARSA. Malgré tout, à l'heure actuelle il semble prioritaire d'avoir des modèles de prédiction sensibles pour assurer une bonne détection de la maladie afin de permettre à l'éleveur d'intervenir le plus précocement possible, et ce pour limiter les coûts de frais vétérinaires ou liés à des baisses de production. Toutefois, il est envisageable d'améliorer la spécificité de la prédiction en combinant à ce modèle d'autres variables mesurées à l'échelle individuelle ou de la ferme.,

## **BIBLIOGRAPHIE**

Ferlay, A., B. Martin, S. Lerch, M. Gobert, P. Pradel, et Y. Chilliard. 2010. Effects of supplementation of maize silage diets with extruded linseed, vitamin E and plant extracts rich in polyphenols, and morning v. evening milking on milk fatty acid profiles in Holstein and Montbéliarde cows. *Animal* 4(04):627-640.

INRA. 2010. Valeur alimentaire des fourrages et des matières premières: tables et prévisions. In *Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux.* . Institut National de la Recherche Agronomique ed. Quae. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris,France.

Martin, C., L. Brossard, et M. Doreau. 2006. Mécanismes d'apparition de l'acidose latente et conséquences physiopathologiques et zootechniques. *INRA Productions Animales* 19(2):93-108.

Nozière, P., D. Sauvant, J.-L. Peyraud, J. Agabriel, R. Baumont, G. C. Hjar, P. Champciaux, M. Eugène, A. Ferlay, et A. Lamadon. 2016. Rénovation des systèmes d'unités d'alimentation pour les ruminants: Systali. Page 115 p. in *Proc. Journées d'Animation des Crédits Incitatifs du Département de Physiologie Animale et Systèmes d'Élevage (JACI Phase 2016)*.

Sauvant, D. et J. Peyraud. 2010. Calculs de ration et évaluation du risque d'acidose. *INRA Productions Animales* 23(4):333.

Stone, W. 2004. Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 87:E13-E26.

(L'ACIDOSE SUBAIGUË DU RUMEN :UNE PATHOLOGIE ENCORE MÉCONNUE)

(Recherche d'indicateurs périphériques de l'acidose ruminale subaiguë chez la vache laitière Clothilde Villot)

# **Partie Expérimentale**

Enquête auprès de DSA de relizane dans les années (2018-2019) lors de notre venue dans les deux daïras de relizane mandes et zemoura et 11 commune ( sidi khetab byellel belsel oud slame sidi m'hamed mendas aiin tarek khecheb mhada oulad ali remka) sélectionnes nous avant enquête auprès des éleveurs afin de caractèrè précocement les élevage inclus dans l'étude ainsi le questionnaire que nous avant élaborés a permis de recueillir de nombreuse information sur le système et le conduit de alimentation des fermes sélection au niveau de la daïra et les commune.

### Résultat au niveau de DSA :

-Dans le mois novembre on trouve deux CAS de acidose à cause de la présence une légère diarrhée, des bouses foisonnantes contenant des bulles de gaz, la présence de grains non digérés (¼ po ou 6 mm) dans les bouses.

La région	espèce	La maladie	Cas enregistrés
Relizane (zemoura)	Bovine	acidose	01
Relizane (belasel)	Bovine	Acidose	01

**Tableau 01 : enquête d'acidose au niveau de relizane mois de novembre 2018**

**On note dans ce tableau nombre des cas d'acidose métabolique enregistrés dans la région de Relizane dans le mois de novembre, un cas dans la daïra Zemoura et un cas dans la commune de belasel ceci est un guide pour avoir un régime alimentaire dans ces régions au niveau dans la wilaya.**

La région	espèce	La maladie	Cas enregistrés
Relizane (oud slame)	Bovin (la vache laitière)	acidose	1

**Tableau 2 : enquête d'acidose au niveau de relizane mois de décembre 2018**

**Dans ce tableau aussi nombre des cas d'acidose métabolique enregistrés dans la région de relizane la commune de oud slame de mois de décembre ceci est un guide pour avoir un régime alimentaire régulier .**

La région	Espèce	La maladie	Cas enregistrés
Relizane	Bovin	acidose	0
relizane	Bovin	acidose	0

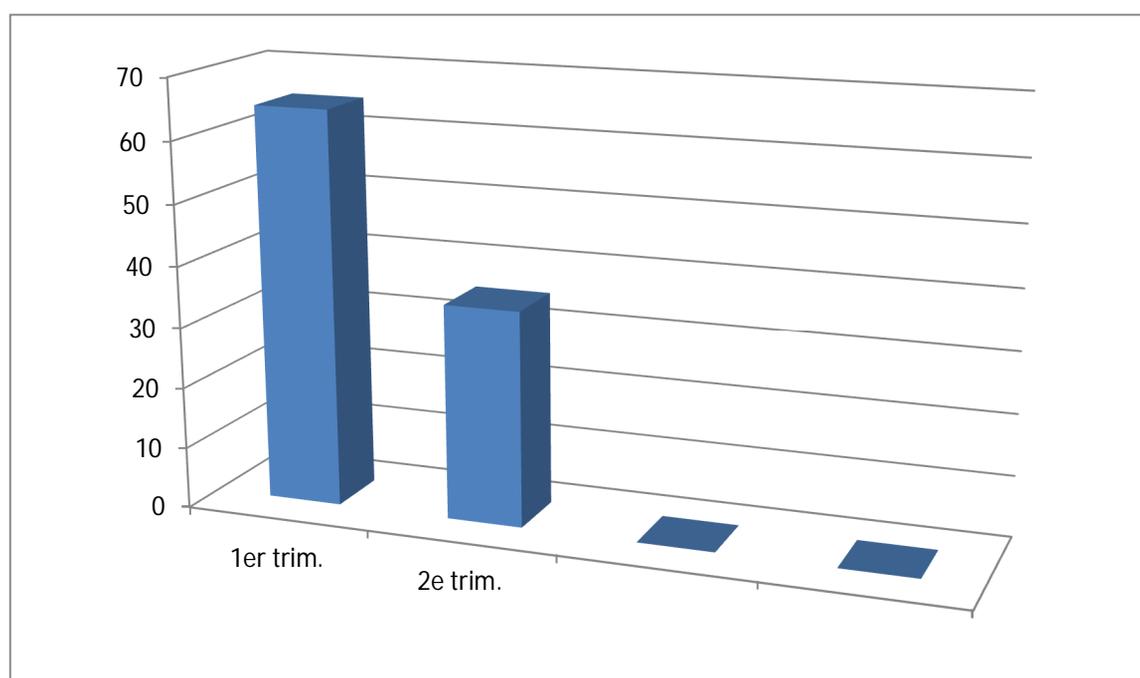
**Tableau 3 : enquête d'acidose au niveau de relizane mois janvier 2019**

**Dans ce tableau en remarque l'absence totale des cas d'acidose dans le mois de janvier.**

**Tableau 4 : Fréquence des animaux atteints de pathologie acidose mois février 2019 :**  
 Les résultats ont révélé que la fréquence des animaux atteints d'acidose 12%, 35.et 88.35 l'autre maladie

animaux	Nombre des animaux sains	Nombre des animaux Atteints(acidos)	Fréquence des animaux Atteints
Bovin la région (zemoura)	26	25	49.01
Bovin la région (belasel)	281	153	35.25
Bovin la région sidi m'hamed	162	11	6.35

**Tableau 1 : la fréquence des animaux de mois février**



**Photo 4 : La fréquence des animaux atteints**

Dans le mois de février en note cette maladie acidose dans les régions (belasel sidi m'hamed et zemoura) pour les raisons suivantes enregistrées au niveau DSA de relizane :

- Régime alimentaire irrégulier entre la vache pleine et vide (au moment de tarissement après la mise bas ne donne pas repas qui contient de concentrés ou bien matière énergétique graduellement)

**Tableau 05 : Fréquence des animaux atteints de pathologie acidose mois de mars :**

Les résultats ont révélé que la fréquence des animaux atteints est de 21.11%, 22.63% et 78.11 la fréquence des animaux sains :

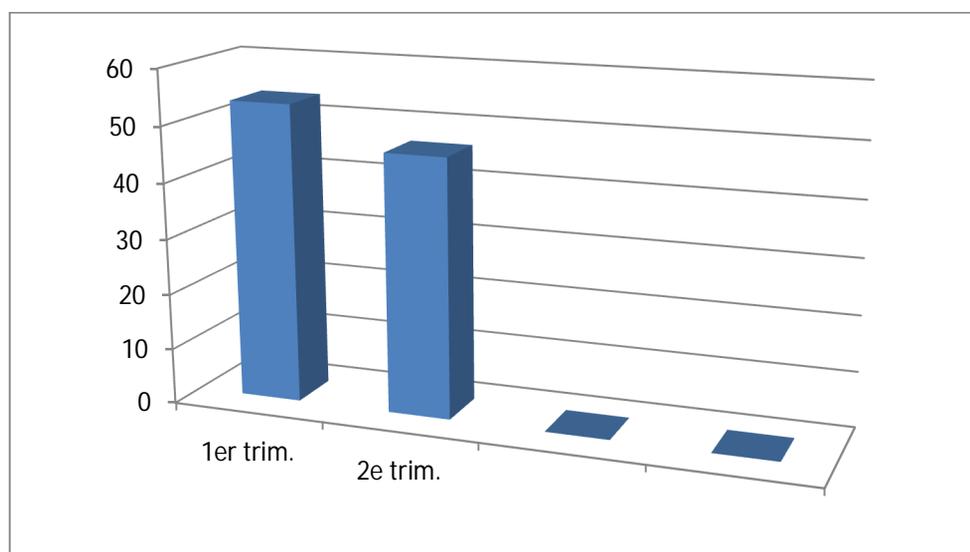
Animaux	Nombre des animaux sains	Nombre des animaux Atteints d'acidose	Fréquence des animaux Atteints
Bovin la région (mandes)	224	23	21.11
Bovin les régions (Ain Tarek)	134	155	22.63
Bovin les régions (ben Daoud)	100	3	2.27

Tableau 5 : la fréquence des animaux qui touche par la maladie d'acidose des mois mars les régions relizane exactement mandas les animaux sains 224 et les animaux toucher a l'acidose 23 supérieur a fréquence des animaux atteins

Dans le mois de mars en note cette maladie acidose dans la région (Ain Tarek) pour les raisons suivantes enregistrées au niveau DSA de relizane :

- régime alimentaire irrégulier

Et une diminution de cette maladie acidose dans les régions (ben Daoud et mandes)



**Photo 5 :** Fréquence des animaux atteints par rapport au animaux mois mars Dans ce tableau

**Fréquence des animaux atteints de pathologie acidose par rapport aux animaux sains mois d'avril :**

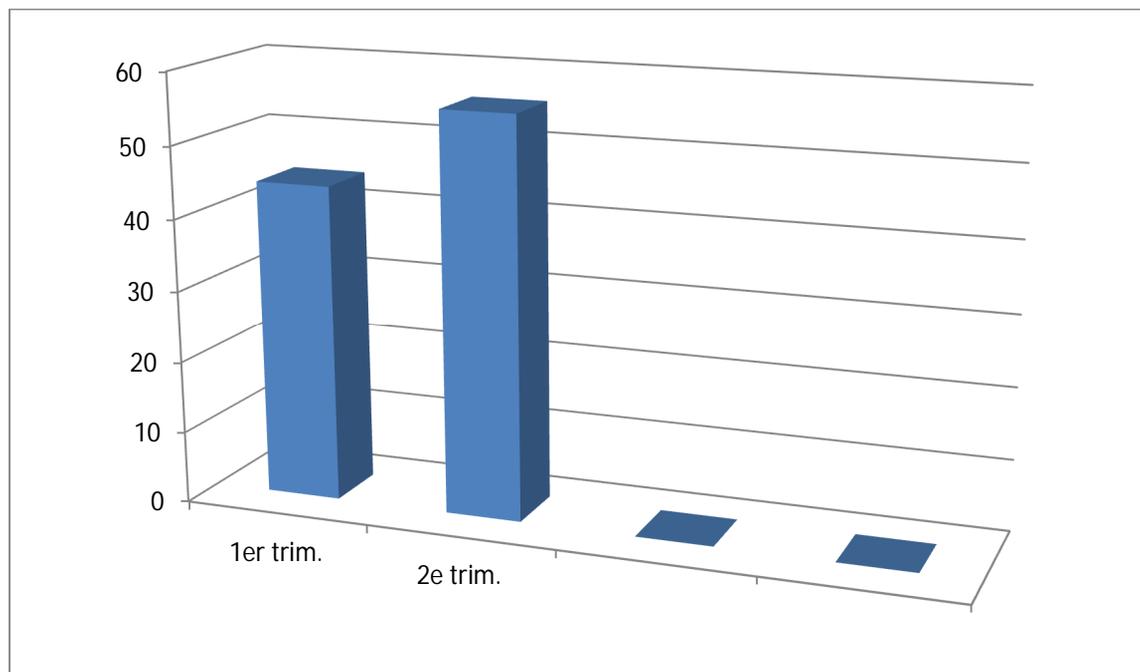
Les animaux	Nombre des animaux sains	Nombre des animaux Atteints (acidose)	Fréquence des animaux Atteints
Bovin (yellel relizane)	212	140	66.03
Bovin (khecheb)	70	31	44.28
Bovin mhada oulad alli	94	00	00

**Tableau 6 : la fréquence des animaux d'avril**

Dans le mois d'avril en note une augmentation tangible en pourcentage de cette maladie acidose dans les régions (yellel khecheb) pour les raisons suivantes enregistrées au niveau DSA de relizane :

-repas alimentation irrégulier

Et une diminution en pourcentage de cette maladie acidose dans les régions (mhada oulad ali)



**Photo 6 : fréquence des animaux atteints par rapport aux animaux sains chez bovin mois d'avril**

**Tableau 8 : Fréquence des animaux atteints de pathologie acidose mois de mai :**

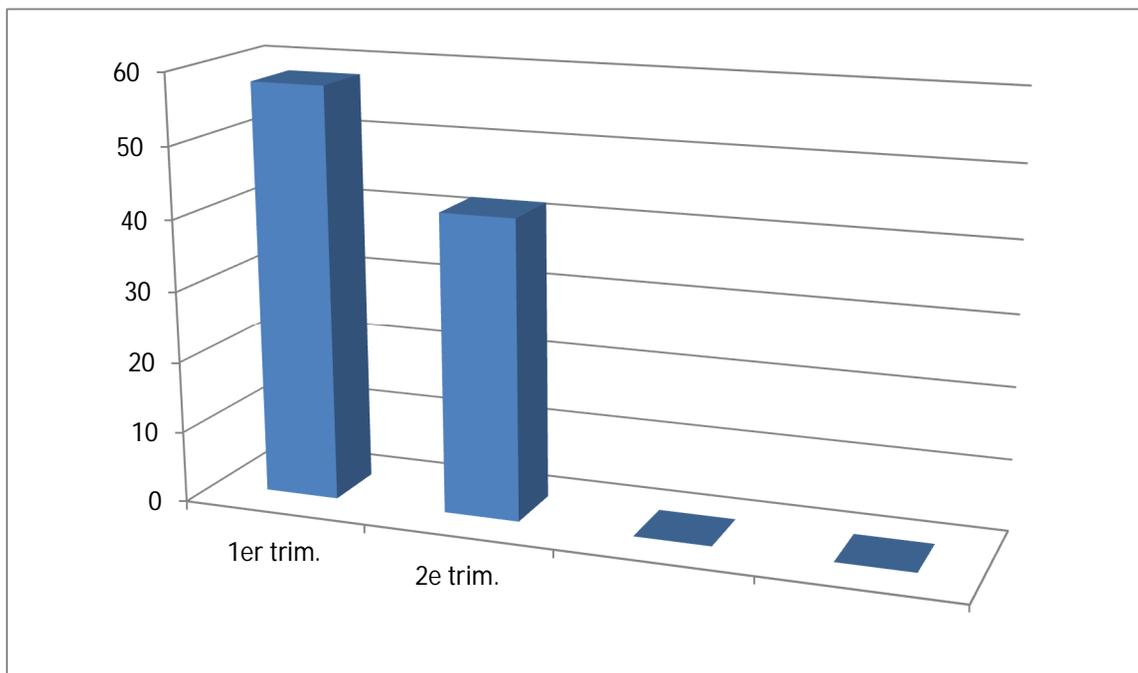
Animaux bovin	Nombre total d'élevage	Nombre des animaux Atteints acidose	Fréquence des animaux Atteints
Bovin relizane ( ammi moussa)	53	76	5.01
Bovin relizane Sidi khettab	31	17	3.16
Bovin relizane(ramka)	82	04	4.30

---

**Dans le mois cette maladie acidose dans les régions (ammi moussa sidi khetab) pour les raisons suivantes enregistrées au niveau DSA de relizane :**

**-repas alimentation irrégulier**

**Et une diminution en pourcentage de cette maladie acidose dans les régions (ramka)**



**Photo 8 : fréquence des animaux atteints par rapport aux animaux sains chez bovins mois de mai**

#### **Discussion**

On remarque que le taux des acidose variait entre 3.16 -66.03) les dernière années 2018-2019les commune les plus touchée la conl mune de Yallel et la daïra de Zamora et les mois touche la commune a lni moussa et sidi khateb et le ceci est 'un problème alimentaire (régime alimentaire) les statistique montré que les taux d'acidose supérieure d'autre pathologie sur tout les maladie les plus fréquent telle que les mammites et les boiteries explique que de coté zootechnie n'est pas pris consommer par les éleveurs ( problème alimentaire) d'après les statistique nos éleveurs sont sensibilité du coté conduit d'élevage.

**Recommandation :**

-éviter de mélanger trop longtemps ou trop finement la RTM pour que les particules d'aliment ne soient pas trop petites et que la teneur en NDFe ne soit pas réduite;

-faire en sorte que les ingrédients de la ration se séparent le moins possible durant le mélange et la distribution de la RTM;

-si l'on sert une RTM, surveiller les repas et faire en sorte que les vaches trient le moins possible les ingrédients dans l'auge ou le couloir d'alimentation;

-si l'on distribue des rations très riches en aliments concentrés, éviter que des vaches en mangent beaucoup en un seul repas ou qu'elles mangent de façon irrégulière. Pour cela, assurer à toutes les vaches un bon accès à l'aliment ou distribuer la ration concentrée en plusieurs fois pour réduire la quantité prise en un repas, veillé à ce que les fourrages et l'ensilage soient hachés à la bonne longueur.

**Conclusion générale :**

La SARA est une maladie considérée comme une pathologie de troupeau mais il existe indéniablement un facteur de susceptibilité individuelle liée au comportement alimentaire et social de l'animal mais aussi à la variabilité de flore ruménale. Cette variabilité entre les animaux au niveau du microbiome du rumen est liée au type d'aliments distribués et au comportement alimentaire de l'animal. La diversité de la flore permet d'augmenter la résistance des animaux aux dérives fermentaires en général et à la SARA en particulier. La transition alimentaire au moment du tarissement a non seulement une importance considérable sur le développement des papilles du rumen, nécessaire pour valoriser au maximum la ration de production distribuée après vêlage mais aussi sur l'apparition d'une flore capable de la valoriser. Mais les différences entre animaux s'expriment aussi par leur capacité de réaction aux phénomènes inflammatoires où une composante génétique existerait. Les mécanismes permettant l'adaptation de la muqueuse ruménale aux chutes de pH doivent être investigués davantage pour mieux comprendre leur déterminisme. Pour conclure, la compréhension de la SARA est toujours au centre des publications. Mais au-delà de cette pathologie, c'est la valorisation maximale des apports alimentaires qui peut être améliorée, facteur important dans les difficultés économiques et les défis écologiques auxquelles est soumis le monde de l'élevage..