



Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/>
Eprints ID : 10729

To cite this version :

Egal, Marine. *Cétose subclinique en élevage allaitant : prévalence et impact sanitaire*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2013, 86 p.

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: staff-oatao@inp-toulouse.fr.

CÉTOSE SUBCLINIQUE EN ÉLEVAGE ALLAITANT : PRÉVALENCE ET IMPACT SANITAIRE

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par

EGAL Marine

Née, le 20 novembre 1987 à CLERMONT-FERRAND (63)

Directeur de thèse : M. Didier RABOISSON

JURY

PRESIDENT :
M. Robert SALVAYRE

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :
M. Didier RABOISSON
Mme Annabelle TROEGELER

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

**Ministère de l'Agriculture et de la Pêche
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE**

Directeur : M. A. MILON

Directeurs honoraires : M. G. VAN HAVERBEKE.
M. P. DESNOYERS

Professeurs honoraires :

| | | |
|---------------|---------------|---------------------------------|
| M. L. FALIU | M. J. CHANTAL | M. BODIN ROZAT DE MENDRES NEGRE |
| M. C. LABIE | M. JF. GUELFY | M. DORCHIES (émérite) |
| M. C. PAVAU | M. EECKHOUTTE | M. BRAUN (émérite) |
| M. F. LESCURE | M. D.GRIESS | M. TOUTAIN (émérite) |
| M. A. RICO | M. CABANIE | |
| M. A. CAZIEUX | M. DARRE | |
| Mme V. BURGAT | M. HENROTEAUX | |

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

M. **AUTEFAGE André**, *Pathologie chirurgicale*
M. **CORPET Denis**, *Science de l'Aliment et Technologies dans les Industries agro-alimentaires*
M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*
M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
M. **EUZEBY Jean**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
M. **FRANC Michel**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
M. **MARTINEAU Guy**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*
M. **REGNIER Alain**, *Physiopathologie oculaire*
M. **SAUTET Jean**, *Anatomie*
M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

PROFESSEURS 1° CLASSE

M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*
M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Physiologie et Thérapeutique*
Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*
M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*

PROFESSEURS 2° CLASSE

Mme **BENARD Geneviève**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la Reproduction*
M. **DUCOS Alain**, *Zootéchnie*
M. **DUCOS DE LAHITTE Jacques**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la Reproduction*
M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
M. **LIGNEREUX Yves**, *Anatomie*
M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*

- M. **PICAVET Dominique**, *Pathologie infectieuse*
 M. **SANS Pierre**, *Productions animales*
 Mme **TRUMEL Catherine**, *Pathologie médicale des Equidés et Carnivores*

PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

- Mme **MICHAUD Françoise**, *Professeur d'Anglais*
 M **SEVERAC Benoît**, *Professeur d'Anglais*

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
 M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*
 Mlle **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
 Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*
 M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
 Mlle **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
 M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
 Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
 M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
 M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
 Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*

MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
 Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
 Mlle **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
 Mme **BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
 Mlle **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie*
 M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
 M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
 M. **CUEVAS RAMOS Gabriel**, *Chirurgie Equine*
 M. **DOSSIN Olivier**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
 Mlle **FERRAN Aude**, *Physiologie*
 M. **GUERIN Jean-Luc**, *Elevage et Santé avicoles et cunicoles*
 M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
 Mlle **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique des animaux de rente*
 M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
 M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*
 Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*
 M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
 M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
 Mlle **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
 Mlle **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*
 Mme **PRADIER Sophie**, *Médecine interne des équidés*
 M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales (ruminants)*
 Mme **TROEGELER-MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*
 M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie (disponibilité à cpt du 01/09/10)*
 M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*

MAITRES DE CONFERENCES et AGENTS CONTRACTUELS

- M. **BOURRET Vincent**, *Microbiologie et infectiologie*
 Mme **FERNANDEZ Laura**, *Pathologie de la reproduction*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- Mlle **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*
 M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie*
 Mlle **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
 Mlle **PASTOR Mélanie**, *Médecine Interne*
 M **VERSET Michaël**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
 Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

A notre Président de thèse,

Monsieur le Professeur Robert SALVAYRE

Professeur des Universités

Chef de service

Biochimie

Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse,
Hommages respectueux.

A notre Jury de thèse,

Monsieur le Maître de Conférences Didier RABOISSON

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Productions Animales – Economie

Qui nous a confié ce travail et nous a guidés dans son élaboration,
Pour votre aide, votre disponibilité, votre patience et votre gentillesse,
Que vous trouviez ici le témoignage de notre profonde estime et de nos sincères
remerciements.

Madame la Maître de Conférences Annabelle TROEGELER-MEYNADIER

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Alimentation

Qui nous a fait l'honneur de participer à notre jury de thèse,
Veuillez accepter nos plus sincères remerciements.

A toutes les personnes qui nous ont aidés dans la réalisation de ce travail et notamment
à Pierre Philippe, aux vétérinaires des cabinets de Béhasque, de Riom-ès-Montagne, et
du Vigen , aux éleveurs des bovins introduits dans cette étude et à Mickael Mounier.

A ma famille,

A **ma Maman**, pour ton amour infini, ton immense soutien pendant ces années d'études, toutes les valeurs que tu as su me transmettre notamment la détermination et la force morale indispensable pour faire face aux derniers coups durs que nous avons traversés.

A **mon grand frère**, pour ta bienveillance digne d'un père de famille, ton aide, ton courage et toutes tes belles valeurs. Je n'aurais pu rêver d'un meilleur grand frère. Merci de m'avoir contaminé par ton amour pour les vaches. A **Virginie**, belle sœur idéale. Merci pour ton sourire, ta gentillesse, ton peps et pour avoir rendu mon frère heureux après des moments difficiles. A votre avenir commun.

A **Gilles**, pour ta gentillesse, ta curiosité et tes bons services. A tes futures randonnées avec maman et vos deux terreurs, ma Fifi et Inès.

A **mes deux grands pères**, Raymond et Jean, partis bien trop vite. Je ne vous oublie pas. Maymondou, me voilà vétérinaire...A mon tour de savoir faire les piqûres. J'aimerais encore t'entendre me dire « Bonjour Docteur ». Pour toi je tâcherai d'être toujours aussi déterminée, courageuse et travailleuse, immenses qualités à tes yeux.

A **mes deux grands mères**. Mémé Simone, pour ton amour et ton dévouement pour ta belle et grande famille, ta générosité, tes bons Saint-Nectaire. Que ton immense courage t'aide à faire face au départ de ton Raymond. Sache que nous serons toujours à tes côtés.

Mémé Paulette, pour ta gentillesse, ton attention, ta curiosité, tes chaussons indispensables dans les bottes de vétérinaire. Merci de ne pas nous avoir oubliés.

A **la famille Bernard**. A mes oncles et tantes. A mes cousins (ou frère jumeau) et cousines. Merci de m'avoir fait vivre une belle enfance. Aux repas de famille, aux parties de belote, aux trempettes dans les bassines, aux « je vais lire mon journal », à nos œuvres d'art en pâte à sel, aux balades avec nos chiens, aux moments passés dans les parcs à veaux ou au milieu des près à faire les foins...et bien sûr aux belles Salers de Suchères et à la plus belle : ma Charmante.

A **Céline**, ma Rouati des îles. Des coups de règles de physique aux balades en vélib' en passant par les baignades avec les ragondins de la Borde, par l'ascension de Dauzat sur Vaudable, par les soirées «Breizh 2007», par « la Fosca, la Fosca, la Fosca », par la baignoire de Joséphine...sans oublier de passer sous l'ours blanc ! A tatétu que de merveilleux moments passés ensemble. Merci pour tout, pour ton sourire, ton humour, ta joie de vivre, ta gentillesse, ton écoute... Aux délires futurs de la Meringue et de sa Cé. A ton avenir avec **Antoine**. Aux **familles Boy et Boulanger** avec lesquelles j'ai toujours passé de très agréables moments.

A mes amis de prépa et de lycée,

A mes 4 kékettes : A **Laurette** pour ta discrétion, ton naturel, ton humour et pour ton courage après 23 ans d'amitié ; A **Florette** pour ton calme, ta douceur, ton goût pour la nature et ton gel douche à la menthe ; A **Marinou** pour ton naturel, ta générosité, ta joie de vivre et ton chiiic ; A **Noé**, ma partenaire de piscine, pour ta simplicité, ta gentillesse, ton dynamisme et surtout n'oublie pas...les bonbons jamais avant les cookies !

A **Ju**, ma Choupi, pour tous ces moments que l'on a partagés depuis 8 ans. A nos fous rires, nos soirées de 5/2, nos footings avec Zouzou, nos randos, nos délicieux diners/séries, nos vacances à la Fosca, la Fosca, la Fosca,...Merci pour tous ces merveilleux souvenirs. A ton avenir avec Charlotte.

A **Laeti** et **Antoine**, pour votre gentillesse, votre bonne humeur, votre simplicité et vos bonnes manières. Laeti, je n'ai pas oublié... ma robe est prête!

Aux garçons : A **Roro**, le BG aux cheveux doux, pour ton « Chafolé, Chafolé,... » ; A **Adri**, le talentueux artiste, je te souhaite un « *Joyeux Noël* » ; A **Robinou**, pour m'avoir encouragée depuis l'ENVT ; A **Thibault**, moi aussi aujourd'hui j'ai envie de dire « je suis contente » !

A **Valoche** ; aux **Bisous**, David et Jérémy ; à **Ségo** et à ton immense courage ; à **Max**, ma poulinasse ; à Thibault ; à Doudou.

A Loïc et Thibault.

A mes amis de l'école,

Aux plus belles, au groupe 7,

A **Alma**, à nos footings en mode confidences, à tes confusions ; A **Amaaaaaand**, à notre binôme de choc, à nos puces ; A **Anna**, à ta joie de vivre, à nos nuits de révision, à ta découverte du Puy-de-Dôme ; A ma **Dianou**, à notre addiction au shopping, à nos soirées séries, à notre future colloc tant attendue ; A ma **Léa**, à tes nombreux et admirables talents de VRAIE fille ; A ma petite **Manon** au cœur de géant, à mes «bip bip» ; A ma **Vi**, à ta douceur, à ton sourire et à nos tubes de boom ; A **Vicky**, ma sessy bitch.

A ma T1 bovine,

A **Popo**, mon Iseult, ma Cosette aux jolis petons ; A **Thibaud**, à ta passion pour la bovine ; A **Hugues**, à tes conseils en trousse de toilette ; A **Maxou**, promis je continuerai à « la prendre cool » ; A **Olive**, l'Indélébile ; A **David**, à tes « ma petite Marine ».
A **Marie, Kevin, Mumu et Cyrielle**, à votre savoir, vos conseils, votre gentillesse et votre bonne humeur ; à Martine et sa boule de pus.

A toute la **Patho Bétail**.

A mes autres copromos,

A la team féria : A **Belin**, à notre virée à New York (Wouhou!) ; A **Moulée**, à ton attirance pour les bouclettes, aux cheeeeeesecakes ; A **Zbikette**, à toute l'attention que tu portes aux autres, à tes délicieux cookies, aux 4L.
A **Claire et Jeannou Jeannou**, les voix de la sagesse. A Sophie, JoJo, Agnès, Kunif, Carlito, PE, Bla, Gus, Romain, Martin, François, Loïc, Aude, Lili, Clem, ...

A mes docs,

A **Popo**, ma maman de l'école, à ta gentillesse, à tes paroles rassurantes, à tous tes bons conseils, à nos petits dîners, à nos chasses aux vilains petits minous. A Ninoune, Romain, Mathieu, Claire, Vincent, Lulu, Fraselle, Lasagne, Gaston, Manon, Laurie, Gueydon, ...

A mes poulots, mes enfants,

A Laetitia et Carlac, à votre 1^{ère} pique. A Adèle et Raymond, la relève de l'hippodrome.
A Lucie, Emilien, Florian, Alexandra, Albertini, Renaud, La Chatte, Lemaître, Beorch, Caillou, Alice, Coco, Morgane, Olivia, ...

Aux promos du dessous,

A **Mimi**, à ta détermination, à ta sincérité, à ta classe, à nos bons petits repas.

A **JB et Hirsh**, à votre gentillesse, à votre humour, à vos talents culinaires.

A Maylis, Vincent, Julien, Quentin, Jérémy, Marie, Clément, Emilie, Elodie, Johanna, H, ...

A la promo du dessus,

Margaux, Simon, Vince, Ximun, ...

A **Didier**, pour ton aide, ta disponibilité, ton efficacité. Merci pour tout le travail que tu as réalisé.

A tous les autres,

A toutes les personnes qui m'ont fait goûter à leur passion et m'ont transmis leur savoir.

Aux vétos de la famille. A **Thierry, René, Julien** et à toute l'équipe des **Cliniques de La Tour d'Auvergne et de Saint-Sauves d'Auvergne**. La cassoul ne peut que vous remercier pour votre accueil, votre sympathie et votre bonne humeur.

A la **Clinique de Rochefort-Montagne**. A Maryse et Rolland, pour ces cinq années de tournées parfois épiques mais toujours aussi agréables.

A toute l'équipe de la **Clinique du Pont de Cournon d'Auvergne**, pour mes étés d'ASV.

A toute l'équipe des **Cliniques de Digoin et de Gueugnon**. A François, Sylvain, Grégory, Béatrice et Jean-Luc, à mes cinq semaines au pays des Charolaises.

A toute l'équipe de la **Clinique du Vernet** et à ma reprise de la canine.

A **Nicolas Pieri**, à **Laurette** et à ma première garde.

A la **Clinique de Landos**. A Hugues, Eddy, Coralie et Viviane. « Du coup », merci pour votre gentillesse, vos conseils et votre soutien dans mes premiers pas en temps que véto.

A toute l'équipe de l'**Hippodrome de la Cépière**. Un grand merci de l'auvergnate pour toutes ces réunions passées en votre compagnie.

Merci à tous ceux que j'ai malheureusement pu oublier mais que j'ai pourtant eu plaisir à côtoyer pendant ces dernières années...

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|-----------|
| TABLE DES MATIERES..... | 10 |
| TABLE DES ILLUSTRATIONS | 12 |
| Liste des figures | 12 |
| Liste des tableaux..... | 12 |
| Liste des annexes..... | 13 |
| Liste des abréviations | 14 |
| INTRODUCTION..... | 15 |
| PARTIE 1 : MATERIEL ET METHODE | 22 |
| 1. Animaux | 22 |
| 2. Protocole expérimental..... | 23 |
| 2.1. Prélèvements | 23 |
| 2.2. Données | 23 |
| 3. Analyses statistiques | 25 |
| PARTIE 2 : RESULTATS | 26 |
| 1. Statistiques descriptives | 26 |
| 1.1. Animaux | 26 |
| 1.2. Prélèvements | 29 |
| 1.3. Troubles sanitaires..... | 30 |
| 1.4. BHBA plasmatiques..... | 34 |
| 2. Facteurs de variation des concentrations plasmatiques en BHBA | 35 |
| 2.1. Race, investigateur et logement..... | 35 |
| 2.2. Alimentation..... | 36 |
| 2.3. Note d'état corporel | 36 |
| 2.4. Parité | 36 |
| 2.5. Intervalle mise-bas – prélèvement..... | 37 |
| 2.6. Intervalle dernier repas principal – heure de prélèvement | 38 |
| 3. Associations entre les concentrations plasmatiques en BHBA des vaches et leurs troubles sanitaires | 39 |
| 3.1. Tous troubles | 39 |
| 3.2. Troubles considérés isolément | 40 |
| 3.3. Combinaisons de troubles des vaches | 45 |

| | |
|--|-----------|
| 4. Associations entre les concentrations plasmatiques en BHBA des vaches et les troubles sanitaires des veaux | 47 |
| 4.1. Tous troubles | 47 |
| 4.2. Diarrhée néonatale | 49 |
| 4.3. Mortalité | 50 |
| PARTIE 3 : DISCUSSION..... | 52 |
| 1. Protocole expérimental..... | 52 |
| 2. Concentrations plasmatiques en BHBA et prévalence de l'hypercétonémie en élevage allaitant | 55 |
| 3. Associations entre concentrations plasmatiques en BHBA et troubles sanitaires des vaches et de leurs veaux | 57 |
| 3.1. Relations d'antériorité et concordance des modèles utilisés | 57 |
| 3.2. Troubles des vaches | 58 |
| 3.3. Troubles des veaux | 59 |
| CONCLUSION..... | 61 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 63 |
| ANNEXES..... | 70 |

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Distribution des rangs de lactation..... | 27 |
| Figure 2 : Distribution des notes d'état corporel du jour du prélèvement | 28 |
| Figure 3 : Notes d'état corporel en fonction de l'intervalle mise-bas - prélèvement | 28 |
| Figure 4 : Répartition des intervalles mise-bas - prélèvement | 29 |
| Figure 5 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) | 34 |
| Figure 6 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon la race..... | 35 |
| Figure 7 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon la note d'état corporel | 36 |
| Figure 8 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon la parité | 36 |
| Figure 9 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon l'intervalle mise-bas - prélèvement..... | 37 |
| Figure 10 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon l'état de santé des vaches | 39 |
| Figure 11 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) des mères selon l'état de santé des veaux..... | 47 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Effectifs des élevages de l'étude | 26 |
| Tableau 2 : Alimentation et logement des animaux | 27 |
| Tableau 3 : Troubles des vaches prélevées (et délais mise-bas - troubles en jours)..... | 30 |
| Tableau 4 : Troubles des veaux (et âge, en jours, de leur apparition) | 32 |
| Tableau 5 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) par élevage | 34 |
| Tableau 6 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon la race | 35 |
| Tableau 7 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon la note d'état corporel..... | 36 |
| Tableau 8 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon la parité | 36 |
| Tableau 9 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon l'intervalle mise-bas - prélèvement..... | 37 |
| Tableau 10 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon l'intervalle dernier repas principal - heure de prélèvement | 38 |

| | |
|--|----|
| Tableau 11 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon l'état de santé des vaches | 39 |
| Tableau 12 : Répartition des concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon l'état de santé des vaches | 39 |
| Tableau 13 : Associations entre les concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) des vaches et leurs troubles sanitaires considérés isolément | 44 |
| Tableau 14 : Associations entre les concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) des vaches et leurs combinaisons de troubles..... | 46 |
| Tableau 15 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) des mères selon l'état de santé des veaux..... | 47 |
| Tableau 16 : Répartition des concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) des mères selon l'état de santé des veaux..... | 47 |
| Tableau 17 : Associations entre les concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) des vaches et les troubles sanitaires des veaux | 51 |

Liste des annexes

| | |
|--|----|
| Annexe 1 : Fiche de renseignements et tableaux mis à disposition des vétérinaires investigateurs..... | 70 |
| Annexe 2 : Logement et alimentation | 73 |
| Annexe 3 : Statistiques descriptives | 74 |
| Annexe 4 : Concentrations plasmatiques en BHBA et troubles sanitaires des vaches ... | 80 |
| Annexe 5 : Concentrations plasmatiques en BHBA des mères et troubles sanitaires des veaux | 85 |

Liste des abréviations

AGNE : Acides Gras Non Estérifiés

AGV : Acides Gras Volatils

AIC : Akaike Information Criterion

AMV : Aliment Minéral et Vitaminé

BHBA : Béta-hydroxybutyrate

Coeff : Coefficient de l'estimation

ES : Standard deviation

h : Heure

IA1 : Première Insémination Artificielle

IAF : Insémination Artificielle Fécondante

IC : Intervalle de Confiance

IgG : Immunoglobuline G

JEL : Jours En Lait

M : Monofactoriel

MAT : Matière Azotée Totale

Max : Maximum

MB : Mise-Bas

Med : Médiane

Min : Minimum

Moy : Moyenne

NC : Non communiqué

NEC : Note d'Etat Corporel

OE : Oligo-Eléments

OR : Odds Ratio

P : Polyfactoriel

P-[BHBA] : Concentration plasmatique en béta-hydroxybutyrate

RR : Risque Relatif

r : Coefficient de corrélation

Se : Sensibilité

Sp : Spécificité

UFL : Unité Fourragère Laitière

VLDL : Very Low Density Lipoproteins

σ : Ecart-type

INTRODUCTION

Les revenus des éleveurs de ruminants sont entre autres dépendants de la volatilité des prix des produits et des intrants. Pour l'élevage bovin laitier, le prix de vente du lait et le prix d'achat des correcteurs azotés voire des céréales jouent un rôle clé dans l'équilibre économique de l'atelier. Concernant l'élevage bovin allaitant, le prix de la viande (broutards, taurillons et réformes) et le prix des céréales/correcteurs azotés sont les sources principales de variations des revenus. Par exemple, en 2012, dans le secteur bovin viande, le revenu annuel moyen avant impôts par actif s'élevait à 15 400 euros contre 16 700 euros en 2011 (Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, 2012a). Entre 2010 et 2012, la hausse des prix d'achat des aliments pour les bovins viande est estimée à 23,8% (Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, 2012b).

La volatilité des prix des céréales et des tourteaux conduit les acteurs de la filière bovine à rechercher des substituts moins chers, lorsqu'ils existent, ou à modifier les rations en limitant, dans une certaine mesure, les quantités de concentrés distribués. Selon le prix des intrants et des extrants d'un atelier, des situations optimales existent pour chaque système de production, voire chaque atelier et pour chaque couple de prix intrants/extrants. Les contraintes économiques peuvent ainsi favoriser certains déséquilibres des rations distribuées et contribuer ainsi aux troubles métaboliques.

Parmi ces troubles métaboliques, la cétose subclinique des bovins laitiers est une maladie courante, dont l'incidence semble croissante (Mc Art, 2012 ; Suthar, 2013). L'augmentation de l'incidence pourrait provenir de l'augmentation des niveaux de production généralement observés dans les systèmes de productions occidentaux. Cependant, la cétose n'est pas l'apanage des systèmes intensifs à haute production, suggérant des liens avec le coût des matières premières.

L'existence de cétose subclinique chez des bovins allaitants reste hypothétique. L'intensité plus faible de leur métabolisme, comparé à celui des vaches laitières, suggère une importance secondaire. Cependant, l'amaigrissement, important parfois, observé chez certains bovins allaitants en début de lactation amène à s'intéresser à ce trouble. En effet, la volatilité des prix des intrants des ateliers allaitants pourrait aussi rendre les éleveurs allaitants sensibles à des modifications alimentaires pouvant contribuer à ces troubles. La prise en compte d'éventuelles conséquences sanitaires de cétose subclinique en élevage allaitant est aussi indispensable.

Après une description de la cétose subclinique en élevages laitier et allaitant, les objectifs de l'étude seront précisés.

La cétose subclinique en élevage laitier

La cétose subclinique est une maladie qui se caractérise par une concentration anormalement haute en corps cétoniques circulants, sans signe clinique associé (Andersson, 1988). La valeur haute en corps cétoniques circulants généralement retenue est une valeur de bêta-hydroxybutyrates plasmatiques (P-[BHBA]) supérieure à 1,2mmol/L (Duffield, 2009 ; Suthar, 2013). L'hypercétonémie désigne la présence de corps cétoniques sanguins élevés (P-[BHBA] \geq 1,2 ou 1,4mmol/L) chez un animal, sans référence au critère clinique ou subclinique de l'affection (Duffield, 2009).

La cétose subclinique est fréquente en élevage laitier, même si la prévalence de l'hypercétonémie est plus généralement rapportée que celle de la cétose subclinique. L'incidence lactationnelle de l'hypercétonémie, généralement définie avec P-[BHBA] \geq 1,2 ou 1,4mmol/L sur un prélèvement simple, varie de quelques pourcents (%) à près de 50 % (Leblanc, 2005 ; Duffield, 2009 ; Chapinal, 2011 ; Seifi, 2011 ; Mc Art 2012 ; Suthar, 2013) avec de très grandes variations entre essais et entre troupeaux. La plupart des essais basés sur un prélèvement unique par vache, ou sur un prélèvement *ante* et *postpartum* par vache, sous-estiment probablement l'incidence réelle de ce trouble métabolique. Par exemple, avec 6 détections entre 3 et 16 JEL (Jours en Lait), l'incidence de cétose subclinique (P-[BHBA] = 1,2 à 2,9mmol/L) rapportée était de 43%, avec une durée moyenne de 5 jours pour atteindre P-[BHBA] < 1,2M après détection de P-[BHBA] \geq 1,2mmol/L (Mac Art, 2012). Généralement, des incidences lactationnelles de 40 à 60 % sont observées lors de tests répétés (Mc Art, 2012).

La cétose subclinique ou l'hypercétonémie sont préférentiellement observées dans les deux premiers mois de lactation avec un pic de prévalence atteint dans les deux premières semaines *postpartum* (Duffield, 1997). Leur incidence est généralement supérieure chez les multipares comparées aux primipares.

La cétose traduit l'incapacité de la vache à faire face aux demandes métaboliques associées à la gestation et à la production lactée. En fin de gestation/début de lactation, la capacité d'ingestion de la vache est limitée alors que les besoins liés à la croissance du fœtus et à la production de lait sont accrus. Ainsi, l'énergie apportée par l'alimentation est souvent insuffisante, conduisant à un déficit énergétique et un amaigrissement avec

augmentation de la néoglucogénèse. La lipomobilisation est importante et l'utilisation du glucose dans les tissus périphériques autres que le parenchyme mammaire diminue.

A partir du tissu grasseux, des Acides Gras Non Estérifiés (AGNE) et des triglycérides sont libérés dans le sang. Ils subissent une β -oxydation hépatique afin d'être utilisables comme source d'énergie. Cependant, dans le cas d'un déficit en précurseurs glucogéniques (tels que les Acides Gras Volatils (AGV) à 3 carbones), l'oxydation n'est que partielle, conduisant à la production de corps cétoniques. Ces corps cétoniques peuvent être utilisés par certains organes cibles (muscles) dans une certaine mesure, mais leur accumulation conduit à un état pathologique. Parallèlement, la mobilisation importante de cette voie métabolique peut conduire à une accumulation de triglycérides dans le foie, lorsque ses capacités d'exportation des triglycérides sous forme de VLDL (Very Low Density Lipoproteins) sont dépassées.

Le déficit énergétique important et la lipomobilisation massive conduit donc à deux phénomènes possibles : la cétose clinique ou subclinique (cétose de type 1) correspondant à l'accumulation de corps cétoniques dans le sang ou la stéatose (cétose de type 2) correspondant à l'accumulation de triglycérides dans le foie et une production de corps cétoniques en plus faible quantité. Ces deux formes touchent des animaux à des stades physiologiques différents.

La cétose clinique se traduit par une chute de la production de lait, un amaigrissement prononcé, un appétit capricieux avec un refus des concentrés, une haleine dite « pomme reinette », potentiellement une alternance de diarrhée et de constipation, l'isolement du reste du troupeau voire des signes nerveux.

Par définition, la cétose subclinique n'est pas accompagnée de signe clinique, mais elle est associée à une augmentation du risque de maladies *peripartum*, entraînant des pertes économiques non négligeables en élevage laitier. Pour beaucoup de ces maladies associées, la diminution de la capacité du système immunitaire et notamment une inhibition de l'activité des leucocytes, seraient impliquées (Leblanc, 2012).

La présence de cétose subclinique ou d'hypercétonémie augmente le risque :

- de déplacement de caillette (Geishauser 1997a, 1997b et 1998 ; Cameron, 1998 ; Leblanc, 2005 ; Duffield, 2009 ; Ospina, 2010a ; Mc Art, 2012 ; Chapinal, 2011 ; Seifi, 2011 ; Suthar, 2013),
- de réforme à 60 JEL (Seifi, 2011 ; Mc Art, 2012 ; Roberts, 2012),

- de cétose clinique (Dohoo, 1984 ; Duffield, 2009 ; Ospina, 2010a ; Seifi, 2011 ; Suthar, 2013),
- de métrite puerpérale (Duffield, 2009 ; Dubuc, 2010 ; Ospina, 2010a ; Chapinal, 2011),
- de rétention placentaire (Leblanc, 2004 ; Chapinal, 2011 ; Quiroz-Rocha, 2009),
- d'endométrite subclinique (Dubuc, 2010),
- de mammite clinique (Leslie, 2000),
- de comptages cellulaires élevés (Leslie, 2000 ; Van Straten, 2009),
- de boiteries (Suthar, 2013).

Par ailleurs, la présence de cétose subclinique ou d'hypercétonémie est associée à :

- une diminution de taux de réussite à la première insémination artificielle ou IA1 (Walsh, 2007), bien que non systématiquement retrouvée dans les essais (Mc Art, 2012),
- un allongement de la durée d'anoestrus (Walsh, 2007 ; Dubuc, 2012),
- un allongement de l'intervalle vêlage-IA1 (Walsh, 2007), bien que non systématiquement retrouvé dans les essais,
- un allongement de l'intervalle vêlage - insémination artificielle fécondante ou IAF (Walsh, 2007), bien que non systématiquement retrouvé dans les essais (Mc Art, 2012).

Enfin, le lien entre production laitière et cétose subclinique ou hypercétonémie est ambigu en raison du risque plus élevé de cétose subclinique ou d'hypercétonémie chez les vaches à plus forte production et du risque de baisse de production en présence de cétose subclinique ou d'hypercétonémie. Ainsi, les vaches avec hypercétonémie *postpartum* produisent plus de lait pour les primipares mais moins pour les multipares (Ospina, 2010c) alors que les vaches avec AGNE élevés ($\geq 0,33\text{mEq/L}$) en *prepartum* produisent toutes moins de lait que les témoins à AGNE $< 0,33\text{mEq/L}$. Une baisse de production lors de cétose subclinique ou d'hypercétonémie est rapportée dans les autres essais portant sur la production journalière (Dohoo, 1984 ; Mc Art, 2012) et sur la production moyenne du troupeau (Ospina, 2010b).

Lors de cétose, la mobilisation du tissu adipeux conduit à une baisse de la note d'état corporel (NEC) et à une augmentation importante du taux butyreux du lait, alors que le taux protéique diminue légèrement sous l'effet de la diminution de l'énergie disponible

(Andersson, 1988). Les modifications des taux du lait peuvent être utilisées comme critères diagnostiques de la cétose subclinique (Herman, 2012).

Pour le diagnostic de la cétose à partir de P-[BHBA], le seuil retenu (1,2 ou 1,4mmol/L) est en fait dérivé des études d'association entre hypercétonémie et troubles associés (cf. supra). Pour chaque trouble, les risques relatifs (RR) ou odd ratios (OR) de présence de ce trouble lors d'hypercétonémie peuvent être calculés pour différents seuils de P-[BHBA]. Généralement, plus le seuil de P-[BHBA] augmente, plus le RR ou l'OR sont élevés, mais plus la sensibilité du test avec ce seuil diminue et plus la spécificité augmente. Le seuil de P-[BHBA] retenu est celui significativement (ou le plus significativement) associé aux troubles, aboutissant à un bon compromis entre sensibilité (Se) et spécificité (Sp). Le seuil P-[BHBA] égal à 1,2 ou à 1,4mmol/L, considéré comme gold standard pour le diagnostic d'hypercétonémie, est en fait la valeur optimale obtenue pour la plupart des troubles afin de distinguer les animaux à risque de développer ces troubles de ceux n'étant pas à risque.

De même, certaines études ont testé les valeurs d'AGNE en *pre* ou *postpartum* pour distinguer les vaches à risque de développer les troubles étudiés. D'où l'utilisation de ce métabolite comme outil diagnostique de cétose subclinique, avec des seuils de 0,3 ou 0,4mEq/L en *prepartum* (Oetzel, 2004 ; Opsina, 2010a) et 0,6mEq/L en *postpartum* (Opsina, 2010a).

La cétose subclinique en élevage allaitant

L'amaigrissement *postpartum* n'est pas l'apanage des systèmes laitiers et des amaigrissements conséquents sont régulièrement observés en systèmes allaitants, en *pre* ou *postpartum*. Contrairement au système laitier où l'intensité de la production laitière et la limitation de la capacité d'ingestion sont à l'origine du déficit énergétique et de la cétose, l'intensité du métabolisme des vaches allaitantes reste limitée. La présence d'un déficit énergétique important semble plus être la conséquence d'une baisse d'ingestion sévère ayant diverses origines possibles. En effet, cette baisse d'ingestion peut être liée à une maladie, par exemple une maladie *postpartum* primaire, ou découler d'une conduite d'élevage choisie par l'éleveur.

Le contexte économique actuel caractérisé par des coûts de production élevés peut inciter les éleveurs à réduire les quantités d'aliments distribuées aux animaux. En système allaitant traditionnel, au moins en zone de montagnes, l'apport alimentaire des

vaches est très souvent restreint à l'étable afin d'économiser l'aliment dont le coût de production ou d'achat est élevé. Cette restriction oblige les vaches à puiser dans leurs réserves et entraîne ainsi une perte d'état corporel pendant l'hivernage, qui pourra être corrigée à la mise à l'herbe. A titre indicatif, la perte de 1,5 point de NEC permettrait de faire l'économie de 250 à 300 UFL (Unité Fourragère Laitière) par vache ce qui représente 250kg d'orge ou encore 520kg de foin (Troegeler-Meynadier, 2012).

Dans une stratégie de vèlage en milieu ou fin d'hiver, cette méthode de restriction est particulièrement privilégiée par les éleveurs. La réduction des apports à l'étable permet de faire des économies importantes de fourrages et ainsi de réduire le coût de production du broutard tout en limitant les conséquences négatives sur la reproduction, grâce à l'arrêt de l'amaigrissement, voire la reprise d'état lors de la mise à l'herbe, période de mise à la reproduction. Dans une stratégie de vèlage plus précoce, la restriction alimentaire hivernale doit rester minimale pour ne pas détériorer les résultats de reproduction lors de la monte, celle-ci ayant lieu avant la mise à l'herbe.

Que ce soit dans le cas de vèlages de fin d'hiver avec amaigrissement marqué ou dans le cas de vèlages de début d'hiver avec amaigrissement modéré, les conséquences d'une telle restriction sur la gestation, la santé de la vache et la santé du veau ne peuvent être écartées. Dans une éventuelle moindre mesure, les associations décrites entre hypercétonémie et troubles sanitaires ou de reproduction, en élevage laitier, pourraient être présentes en élevage allaitant. De plus, la restriction alimentaire *postpartum* pourrait notamment contribuer aux diarrhées du veau avec une modification de la composition du lait de la mère lors de cétose subclinique (hausse du taux butyreux).

Une étude menée par Hough (1990) montre que les veaux nourris par des vaches ayant subi une restriction alimentaire durant 3 mois *prepartum* ont des concentrations sériques en IgG plus faibles comparés aux veaux nourris par des vaches non restreintes. Or, la concentration en IgG du colostrum de ces dernières étant 8,1% plus faible que celle des vaches restreintes, une altération des composants colostraux nécessaires à l'absorption des immunoglobulines, limitant le transfert de l'immunité passive, est fortement suspectée.

Contrairement aux bovins laitiers, peu de données sont disponibles chez les vaches allaitantes sur :

- l'existence de cétose subclinique et d'hypercétonémie,
- les valeurs seuils des métabolites sanguins à retenir pour définir l'affection,
- les risques relatifs d'autres troubles en cas de cétose subclinique ou d'hypercétonémie.

Objectifs de l'étude

Les objectifs de cette étude sont :

- de définir la distribution de P-[BHBA] dans une population allaitante saine,
- de définir le seuil de P-[BHBA] associé aux troubles chez la vache et chez son veau,
- de décrire la prévalence de la cétose subclinique ou de l'hypercétonémie chez la vache allaitante.

PARTIE 1 : MATERIEL ET METHODE

1. Animaux

L'étude portait sur des élevages commerciaux de race Charolaise, Limousine ou Salers, de trois cliniques vétérinaires.

Aucun épisode sanitaire épidémique ou endémique important ne devait être recensé sur le troupeau adulte de ces élevages depuis au moins deux ans (type dysenterie d'hiver, troubles respiratoires sur adultes...). Le troupeau adulte devait avoir une ration stable depuis au moins 1 mois et les vaches ne devaient pas recevoir d'additif pour la prévention de la cétose dans leur alimentation.

Trois cents vaches devaient être incluses dans l'étude, avec un minimum de 20 vaches par élevage et un objectif de 30 à 40 vaches par élevage. Les vaches avec avortement étaient exclues.

Etaiant inclus :

- les veaux nés et élevés par les vaches prélevées, qu'ils soient de race pure (Charolais, Limousin, Salers) ou croisés Charolais et Salers,
- les veaux morts à plus de deux jours d'âge et leurs mères,
- les veaux vendus à plus d'un mois d'âge et leurs mères.

Etaiant exclus :

- les veaux de remplacement attribués aux vaches ayant perdu leur veau plus de deux jours après la mise-bas,
- le veau et la vache si changement de veau (d'une vache prélevée) à moins d'un mois d'âge du veau et de vente du veau (non mort),
- le veau de remplacement, en cas de changement de veaux (d'une vache prélevée) à plus d'un mois d'âge du veau et de vente du veau (non mort).

2. Protocole expérimental

2.1. Prélèvements

Un seul prélèvement sanguin par vache était effectué, entre 1 et 31 jours *postpartum*. Les prélèvements sanguins étaient réalisés à la veine coccygienne sur tube hépariné, entre 10h et 16h (préférentiellement entre 4 et 8h après la distribution du dernier repas principal).

Le dosage des BHBA était réalisé par l'appareil portable FreeStyle Optimum® (avec bandelette FreeStyle Optium β -cétone), à température ambiante et de manière identique pour chaque vache. Un intervalle maximum de 30 minutes entre le prélèvement et l'analyse devait être respecté.

2.2. Données

Les données d'identification des animaux, des élevages, du mode de logement et d'alimentation des troupeaux étaient recueillies par les vétérinaires investigateurs (Annexe 1).

Les informations recensées pour chaque vache étaient :

- dates de vêlage et de prélèvement,
- heure de prélèvement,
- son rang de lactation,
- sa NEC attribuée le jour du prélèvement (par les vétérinaires investigateurs ; échelle de notation : de 1 à 5),
- ses troubles *postpartum* éventuels, leur date, leur intensité (note de 1 à 3) et leur durée en jours, définis parmi : gémellité, mise-bas difficile, césarienne, rétention placentaire, fièvre de lait, métrite puerpérale, autres métrites, autres troubles métaboliques, autres troubles non métaboliques, autres troubles de la reproduction,
- sa ration avant et après sa mise-bas.

Les informations relatives aux veaux étaient :

- leurs troubles éventuels définis parmi : mortalité, diarrhée, omphalite, arthrite, troubles respiratoires, entérotoxémie, autres troubles digestifs, autres troubles,
- la date, l'intensité (note de 1 à 3) et la durée en jours de ces troubles.

Pour les vaches et les veaux, tous les évènements sanitaires et les traitements associés entre la mise-bas et 3 mois *postpartum* ou 3 mois d'âge étaient inclus. Aucune restriction sur les traitements, qu'ils soient décidés par le vétérinaire ou par l'éleveur seul, n'était prévue.

3. Analyses statistiques

Les données ont été analysées avec différents modèles, sous R, incluant l'élevage comme facteur aléatoire.

Des régressions logistique, log-binomiale, de Poisson et de Poisson modifiée avec variance robuste ont été réalisées dans deux types de modèles :

- dans un premier temps, avec les variables expliquées P-[BHBA] \geq 0,5, 0,6, 0,7 et 0,8mmol/L ou troubles et les variables explicatives races, NEC, délai mise-bas - prélèvement et délai dernier repas principal - heure de prélèvement ;
- dans un second temps, avec chaque variable expliquée binaire (présence/absence de trouble chez la vache ou son veau), pour chaque seuil de la variable explicative « hypercétonémie », définie avec P-[BHBA] \geq 0,5, 0,6, 0,7 et 0,8mmol/L.

Les modèles monovariés ont été construits sur toute la population, puis avec une restriction sur les seuls prélèvements réalisés (i) sur les vaches de races Blonde d'Aquitaine et Limousine, (ii) moins de 4h après le dernier repas principal, (iii) plus de 4h après le dernier repas principal ou (iiii) moins de 15 jours après le vêlage. Des modèles polyvariés ont été construits avec les variables binaires « prélèvements réalisés moins de 4h après le dernier repas principal » ou « moins de 15 jours après le vêlage » alternativement.

Pour chaque couple variable expliquée/seuil de P-[BHBA] définissant l'hypercétonémie, le résultat est formulé sous forme d'odds ratios (OR ; régression logistique) ou de risque relatif (RR ; régressions log-binomiale, de Poisson et de Poisson modifiée avec variance robuste).

En raison des difficultés de convergence de certains modèles avec la régression log-binomiale et parfois avec la régression de Poisson avec variance robuste, les résultats présentés indiquent les RR obtenus avec la régression de Poisson, tel que recommandé antérieurement (Wacholder, 1986 ; Zou, 2003 ; Greenland, 2004). Sont rapportés uniquement les résultats significatifs avec $P < 0,10$ (IC90% ou IC95%).

Pour chaque modèle, l'Akaike Information Criterion (AIC) a été calculé et utilisé pour définir le meilleur modèle, si nécessaire.

Pour chaque modèle, les sensibilité et spécificité de chaque test ont été calculées pour chaque seuil (P-[BHBA] \geq 0,5, 0,6, 0,7 ou 0,8mmol/L).

Aucune courbe ROC n'a été tracée en raison de la présence d'un seul seuil de P-[BHBA] avec significativité.

PARTIE 2 : RESULTATS

1. Statistiques descriptives

1.1. Animaux

L'étude inclut 327 vaches et 334 veaux de 13 élevages et trois vétérinaires investigateurs (Tableau 1).

| Investigateurs | Elevages | Race des bovins | Taille des troupeaux (nombre de mères) | Nombre de vaches prélevées | Nombre de veaux liés aux vaches prélevées |
|-----------------------|-----------------|------------------------|---|-----------------------------------|--|
| 1 | 1 | Salers | 135 | 39 | 40 |
| | 2 | | 90 | 24 | 24 |
| | 3 | | 92 | 15 | 15 |
| | 4 | | 80 | 34 | 34 |
| | 5 | | 100 | 20 | 21 |
| 2 | 6 | Blonde d'Aquitaine | 60 | 25 | 26 |
| | 7 | | 80 | 24 | 25 |
| | 8 | | 60 | 33 | 34 |
| | 9 | | 60 | 25 | 27 |
| 3 | 10 | Limousine | 110 | 36 | 36 |
| | 11 | | 160 | 23 | 23 |
| | 12 | | 60 | 20 | 20 |
| | 13 | | 30 | 9 | 9 |
| Total | | | | 327 | 334 |
| Min élevage | | | 30 | 9 | 9 |
| Max élevage | | | 160 | 39 | 40 |
| Moy élevage | | | 85,92 | 25,15 | 25,69 |
| σ élevage | | | 34,90 | 8,53 | 8,70 |

Tableau 1 : Effectifs des élevages de l'étude

Le logement et l'alimentation pré et post mise-bas (Tableau 2, détails en Annexe 2) variaient entre élevages, avec certaines similitudes entre les élevages d'un même système de production (race).

| Elevages | Logement | Alimentation <i>prepartum</i> | | | | | Alimentation <i>postpartum</i> | | | | |
|----------|--|-------------------------------|-------------|----------|------------|---------|--------------------------------|-------------|----------|------------|---------|
| | | Foin | Enrubannage | Ensilage | Concentrés | AMV, OE | Foin | Enrubannage | Ensilage | Concentrés | AMV, OE |
| 1 | Stabulation entravée | × | | | | | × | | | | |
| 2 | | × | × | | | | × | × | | | |
| 3 | | × | | | | | × | × | | | × |
| 4 | | × | | | | × | × | | | | |
| 5 | | × | | | | | × | | | | |
| 6 | Aire paillée intégrale | × | | × | × | × | × | | × | × | × |
| 7 | | × | | × | × | × | × | | × | × | × |
| 8 | | × | | × | | | × | | × | × | × |
| 9 | | × | | × | × | × | × | | × | × | × |
| 10 | Aire paillée intégrale + parcours extérieur | × | | | | | × | | | × | × |
| 11 | | × | | | | | × | | | × | |
| 12 | | × | | | | × | × | | | × | |
| 13 | Parcours extérieur | × | | | | | × | | | | |

Tableau 2 : Alimentation et logement des animaux (AMV : Aliment minéral et vitaminé ; OE : Oligo-élément)

La distribution des parités est rapportée en Figure 1 (Moy = 4,65 et $\sigma = 2,95$).

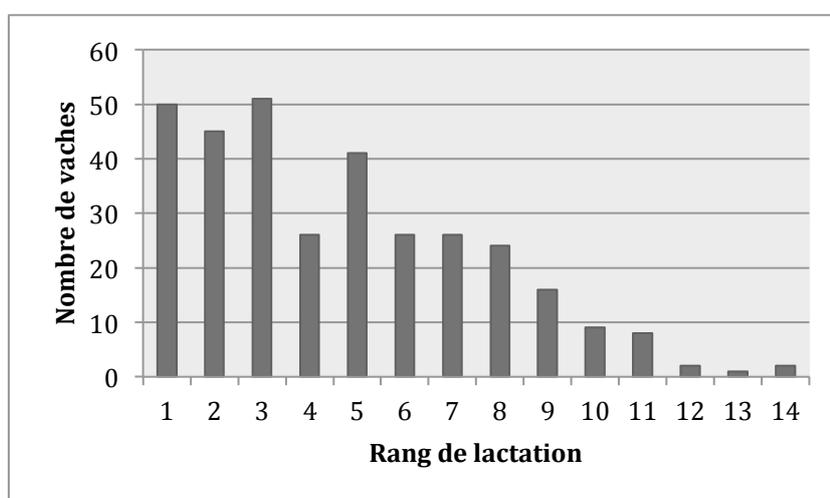


Figure 1 : Distribution des rangs de lactation

70% des vaches ont une NEC de 2,5 ou 3 (Figure 2). La distribution des NEC ne semble pas dépendre de l'intervalle vêlage-prélèvement (Figure 3).

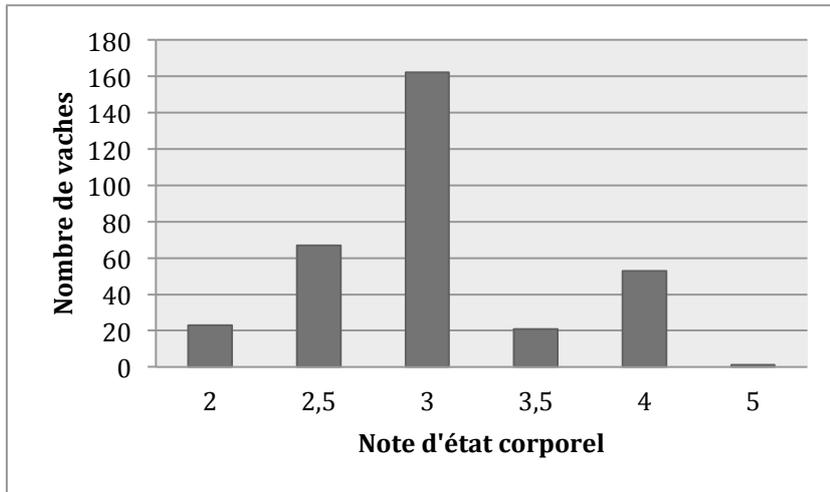


Figure 2 : Distribution des notes d'état corporel du jour du prélèvement

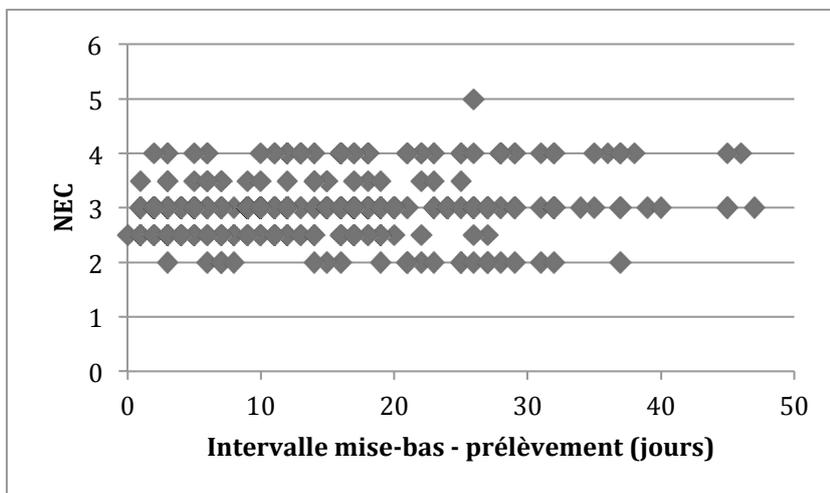


Figure 3 : Notes d'état corporel en fonction de l'intervalle mise-bas - prélèvement

1.2. Prélèvements

Les prélèvements ont été réalisés de janvier à mai 2013.

Les 327 vaches ont été prélevées une seule fois entre le jour de leur mise-bas et 47 jours après (Figure 4). L'intervalle moyen mise-bas - prélèvement est de 15 jours ($\sigma = 10$).

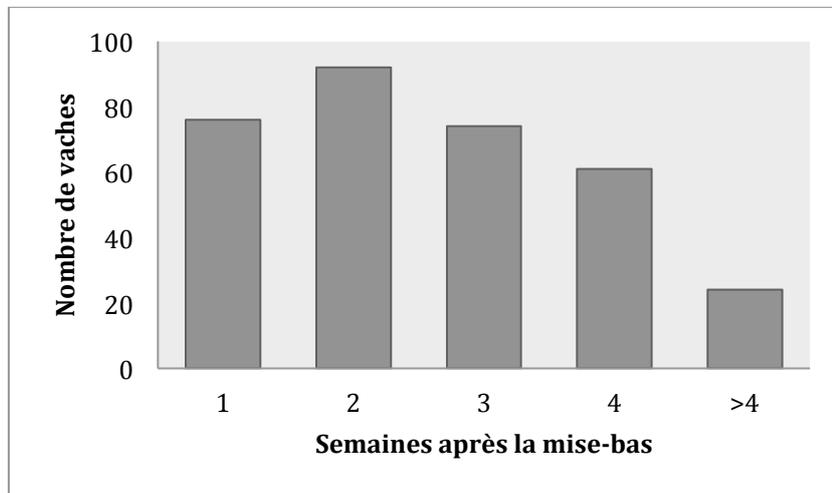


Figure 4 : Répartition des intervalles mise-bas - prélèvement

50% des vaches (164/327) ont été prélevées moins de 4h après la distribution du dernier repas principal et 50% (163/327) plus de 4h après cette distribution. Le délai moyen dernier repas principal - prélèvement est de 3h00 ($\sigma = 1h43$).

1.3. Troubles sanitaires

Des troubles de santé ont été rapportés chez 10,4% (34/327) des vaches prélevées (Tableau 3). 1,2% (4/327) des vaches ont eu deux troubles. Aucune n'a eu plus de deux troubles.

| Elevages | Nombre de vaches prélevées | Gémellité | Dystocie | Césarienne | Rétention placentaire | Métrite puerpérale | Autres troubles non métaboliques |
|----------|----------------------------|-----------|----------|------------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
| 1 | 39 | 1 (0) | | | | | 3 mammites (11, 12 et 13) |
| 2 | 24 | | | | | | |
| 3 | 15 | | | | | | 1 mammite (6) |
| 4 | 34 | | | | | 1(3) | 1 mammite (10) |
| 5 | 20 | 1 (0) | | | | | |
| 6 | 25 | 1 (0) | 2 (0) | 2 (0) | 1 (0) | | |
| 7 | 24 | 1(0) | 2 (0) | 2 (0) | | | |
| 8 | 33 | 1 (0) | 2 (0) | | | 1 (0) | 1 renversement de matrice (0) |
| 9 | 25 | 2 (0) | 3 (0) | | 4 (0) | | |
| 10 | 36 | | 2 (0) | | 1 (0) | | |
| 11 | 23 | | 1 (0) | | | | |
| 12 | 20 | | | | 1 (11) | | |
| 13 | 9 | | | | | | |
| Total | 327 | 7 | 12 | 4 | 7 | 2 | 6 |

Tableau 3 : Troubles des vaches prélevées (et délais mise-bas - troubles en jours)

Le principal trouble des vaches est la dystocie (31,6% : 12/38 troubles). Aucun trouble métabolique n'a été rapporté. 81,6% (31/38) des troubles sont apparus le jour de la mise-bas, 89,5% (34/38) avant 10 jours *postpartum* et 10,5% (4/38) après 10 jours *postpartum*.

La probabilité d'avoir des troubles sanitaires est plus élevée pour les vaches de race Blonde d'Aquitaine que pour les vaches de race Salers. Le risque relatif d'avoir au moins

un trouble pour une vache de race Blonde d'Aquitaine est de 3,4 (IC95% = 1,5-7,6 ; P = 0,003 ; Annexe 3.1) comparée à une Salers. Aucune différence de risque relatif d'avoir au moins un trouble n'est démontrée pour une vache Limousine comparée à une vache Salers (RR = 0,75 ; IC90% = 0,27-2,05 ; P = 0,639).

Le risque relatif pour une vache avec NEC ≥ 3 d'être affectée par au moins un trouble sanitaire est de 0,45 (IC95% = 0,22-0,91 ; P = 0,026), comparée aux vaches avec NEC < 3 (Annexe 3.2).

La parité n'est pas significativement associée aux troubles sanitaires (P > 0,1, résultats non rapportés).

Des troubles sanitaires ont été rapportés chez 20,7% (69/334) des veaux (Tableau 4), dont 4 veaux avec plusieurs affections (3 veaux avec 2 troubles et 1 veau avec 3 troubles).

| Elevages | Nombre de veaux inclus | Morts | Diarrhées néonatales | Omphalites | Autres | Nombre d'affections |
|-----------------|-------------------------------|------------------|---------------------------------------|-------------------|--|----------------------------|
| 1 | 40 | | 6 (22, 22, 22, 23, 23, 24) | 2 (8, 11) | | 8 |
| 2 | 24 | | 1 (9) | 1 (31) | 1 (27) : arthrites 1 (21) : fracture d'1 membre | 4 |
| 3 | 15 | | | | | 0 |
| 4 | 34 | | 4 (6, 11, 11, 41) | 2 (8, 9) | | 6 |
| 5 | 21 | 2 (5, 11) | 10 (3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 11, 16, 17) | 2 (10, 11) | 2 (10, 11) : troubles respiratoires 1 (11) : thrombose aortique | 17 |
| 6 | 26 | 2 (0, 7) | 6 (3, 4, 6, 7, 8, 10) | 1 (8) | | 9 |
| 7 | 25 | 2 (0,1) | 3 (4, 5, 8) | | 1 (2) : hypoglycémie | 6 |
| 8 | 34 | 1 (9) | 5 (3, 4, 6, 10, 10) | | | 6 |
| 9 | 27 | 4 (NC, NC, 0, 1) | 7 (0, 3, 3, 3, 4, 5) | 1 (1) | | 12 |
| 10 | 36 | 1 (10) | 2 (0, 6) | | | 3 |
| 11 | 23 | | 3 (1, 7, 10) | | | 3 |
| 12 | 20 | | | | | 0 |
| 13 | 9 | | | | | 0 |
| Total | 334 | 12 | 47 | 9 | 6 | 74 |

Tableau 4 : Troubles des veaux (et âge, en jours, de leur apparition)

Les diarrhées néonatales représentent 63,5% (47/74) des troubles. Aucun trouble digestif autre que des diarrhées n'a été rapporté.

59,5% (44/74 dont 30 diarrhées néonatales), 24,3% (18/74 dont 10 diarrhées néonatales) et 13,5% (10/74 dont 7 diarrhées néonatales) des troubles ont concerné respectivement des veaux de moins de 10 jours d'âge, de 10 à 20 jours d'âge et à partir de 21 jours d'âge.

Les risques relatifs que les veaux aient des troubles ne sont pas significativement ($P > 0,10$) différents selon le délai mise-bas - prélèvement, malgré une tendance à un OR supérieur pour la seconde semaine *postpartum* comparée à la première et un OR de 3,1 pour les semaines >4 comparées à la première semaine (IC90% = 1,1-8,8 ; $P = 0,078$; Annexe 3.3 ; RR non significatif).

La probabilité d'avoir des troubles sanitaires est moins élevée pour les veaux de race Limousine comparés aux veaux de race Salers, avec un risque de troubles de 0,28 (IC95% = 0,10-0,83 ; $P = 0,022$) (Annexe 3.4).

Les veaux issus de vaches de $NEC \geq 3$ le jour du prélèvement n'ont pas significativement plus de risque d'être affectés par au moins un trouble ($P > 0,1$; résultats non rapportés).

1.4. BHBA plasmatiques

Les P-[BHBA] individuelles des vaches varient de 0,1 à 1,3mmol/L (Moy = 0,39 ; Med = 0,3 et $\sigma = 0,21$) (Figure 5). 3,7% (12/327) des P-[BHBA] sont $\geq 0,9$ mmol/L.

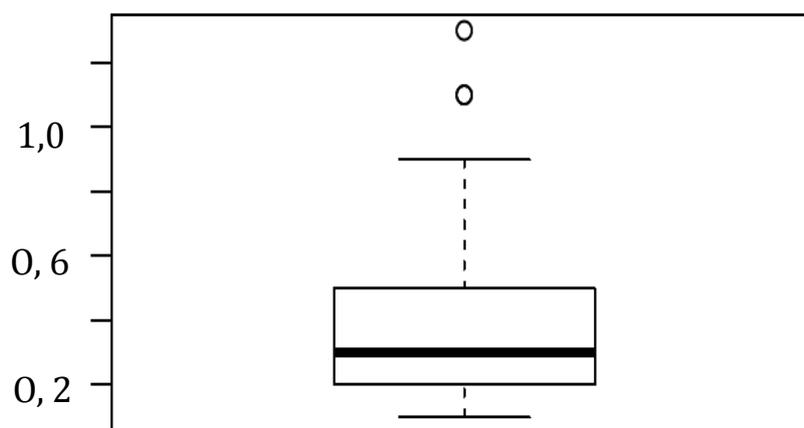


Figure 5 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L)

Les P-[BHBA] moyennes par élevage varient de 0.26 à 0.58mmol/L (Tableau 5).

| Elevages | Nombre de vaches prélevées | Moy | Med | σ | Min | Max | Pourcentages de vaches dont P-[BHBA] \geq à | | | | | |
|---|----------------------------|------|------|----------|-----|-----|---|------|------|------|------|------|
| | | | | | | | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| 1 | 39 | 0,31 | 0,3 | 0,14 | 0,1 | 0,9 | 10,3 | 5,1 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 0 |
| 2 | 24 | 0,28 | 0,3 | 0,09 | 0,1 | 0,5 | 4,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 15 | 0,29 | 0,3 | 0,09 | 0,2 | 0,5 | 6,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 34 | 0,29 | 0,3 | 0,09 | 0,1 | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 20 | 0,26 | 0,2 | 0,11 | 0,1 | 0,6 | 5,0 | 5,0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 25 | 0,58 | 0,5 | 0,38 | 0,1 | 1,3 | 52,0 | 48,0 | 36,0 | 32,0 | 24,0 | 20,0 |
| 7 | 24 | 0,33 | 0,25 | 0,22 | 0,1 | 0,9 | 25,0 | 16,7 | 8,3 | 4,2 | 4,2 | 0 |
| 8 | 33 | 0,55 | 0,5 | 0,18 | 0,2 | 0,9 | 69,7 | 48,5 | 33,3 | 12,1 | 6,1 | 0 |
| 9 | 25 | 0,31 | 0,2 | 0,201 | 0,1 | 0,8 | 20,0 | 20,0 | 12,0 | 4,0 | 0 | 0 |
| 10 | 36 | 0,51 | 0,45 | 0,20 | 0,2 | 1,1 | 50,0 | 41,7 | 19,4 | 8,3 | 5,6 | 2,8 |
| 11 | 23 | 0,51 | 0,5 | 0,18 | 0,2 | 0,8 | 52,2 | 47,8 | 30,4 | 8,7 | 0 | 0 |
| 12 | 20 | 0,45 | 0,4 | 0,14 | 0,2 | 0,7 | 40,0 | 30,0 | 10,0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 9 | 0,30 | 0,3 | 0,05 | 0,2 | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Prévalence moyenne des troupeaux | | | | | | | 25,8 | 20,2 | 11,7 | 5,5 | 3,3 | 1,8 |
| Prévalence de la population totale | | | | | | | 28,1 | 22,0 | 12,8 | 6,1 | 3,7 | 1,8 |

Tableau 5 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) par élevage

2. Facteurs de variation des concentrations plasmatiques en BHBA

2.1. Race, investigateur et logement

P-[BHBA] est plus faible pour la Salers comparée aux autres races (Tableau 6 et Figure 6). Le risque relatif que P-[BHBA] \geq 0,5, 0,6, 0,7 et 0,8mmol/L est de 8,0 (IC95% = 3,2-19,9 ; P = 0,000), 15,1 (IC95% = 4,5-51,0 ; P = 0,000), 30,5 (IC95% = 3,9-241,7 ; P = 0,001) et 17,2 (IC95% = 1,8-162,6 ; P = 0,013), pour la Blonde d'Aquitaine, comparée à la Salers. Le risque relatif que P-[BHBA] \geq 0,5, 0,6, 0,7 et 0,8mmol/L est de 7,8 (IC95% = 3,1-19,7 ; P = 0,000), 15,6 (IC95% = 4,6-53,4 ; P = 0,000), 23,6 (IC95% = 2,9-191,6 ; P = 0,003) et 7,4 (IC90% = 1,0-53,7 ; P=0,099), pour la Limousine, comparée à la Salers (Annexe 3.5). De même, comparées à la Salers, le risque relatif que P-[BHBA] \geq 0,5, 0,6, 0,7 et 0,8mmol/L est de 7,9 (IC95% = 3,3-18,8 ; P = 0,000), 15,3 (IC95% = 4,6-50,7 ; P = 0,000), 27,4 (IC95% = 3,5-214,4 ; P = 0,002) et 12,6 (IC95% = 1,2-126,8 ; P = 0,030), pour la Blonde d'Aquitaine et la Limousine considérées conjointement (Annexe 3.5). Les mêmes associations sont retrouvées entre P-[BHBA] et l'investigateur ou P-[BHBA] et le logement, en accord avec les liens races-investigateurs et races-logements (Tableau 2).

| Races | Effectifs | Moy | Med | σ | Min | Max | Nombre de vaches dont P-[BHBA] \geq 0,8 |
|-------------|-----------|------|-----|----------|-----|-----|---|
| Salers | 132 | 0,29 | 0,3 | 0,11 | 0,1 | 0,9 | 1 (0,8%) |
| Blonde d'A. | 107 | 0,45 | 0,4 | 0,29 | 0,1 | 1,3 | 14 (13,1%) |
| Limousine | 88 | 0,47 | 0,4 | 0,18 | 0,2 | 1,1 | 5 (5,7%) |

Tableau 6 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon la race

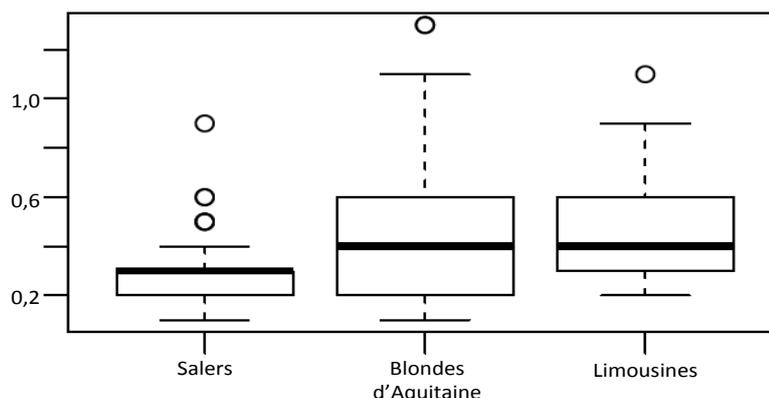


Figure 6 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon la race

2.2. Alimentation

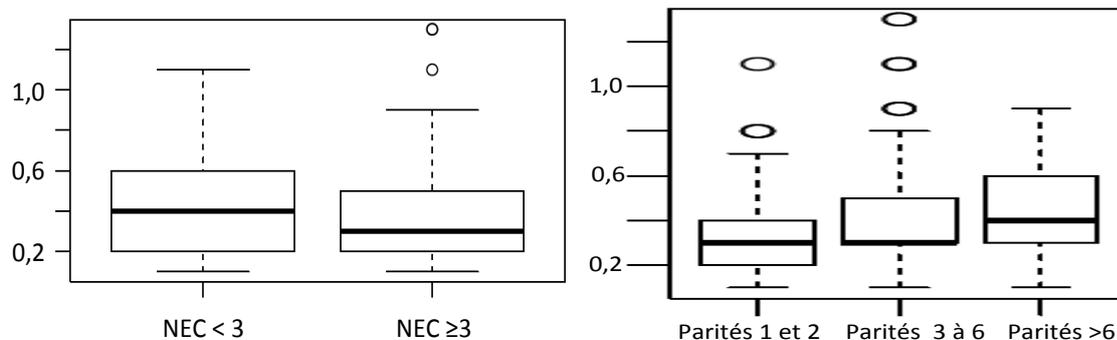
L'alimentation varie entre les élevages, sans qu'aucune combinaison d'aliments en *prepartum* ou *postpartum* ne permette de distinguer les élevages avec P-[BHBA] moyennes élevées (élevages 6, 8, 10, 11 et 12) de ceux avec P-[BHBA] moyennes basses (1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 13) (Tableaux 2 et 5).

2.3. Note d'état corporel

Aucune association significative n'a été mise en évidence entre P-[BHBA] et les NEC des vaches attribuées le jour du prélèvement (Tableau 7 ; Figure 7 ; Annexe 3.6).

| NEC | Effectifs | Moy | Med | σ | Min | Max | Nombre de vaches dont P-[BHBA] $\geq 0,8$ |
|----------|-----------|------|-----|----------|-----|-----|---|
| <3 | 90 | 0,41 | 0,4 | 0,24 | 0,1 | 1,1 | 8 (8,9%) |
| ≥ 3 | 237 | 0,38 | 0,3 | 0,20 | 0,1 | 1,3 | 12 (5,1%) |

Tableau 7 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon la note d'état corporel



Figures 7 et 8 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon la note d'état corporel (gauche) et la parité (droite)

2.4. Parité

P-[BHBA] semble augmenter avec la parité (Tableau 8 ; Figure 8), sans association significative (Annexe 3.7).

| Parités (années) | Effectifs | Moy | Med | σ | Min | Max | Nombre de vaches dont P-[BHBA] $\geq 0,8$ |
|------------------|-----------|------|-----|----------|-----|-----|---|
| 1 et 2 | 95 | 0,33 | 0,3 | 0,19 | 0,1 | 1,1 | 4 (4,2%) |
| 3 à 6 | 144 | 0,40 | 0,3 | 0,23 | 0,1 | 1,3 | 10 (6,9%) |
| >6 | 88 | 0,44 | 0,4 | 0,20 | 0,1 | 0,9 | 6 (6,8%) |

Tableau 8 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon la parité

2.5. Intervalle mise-bas - prélèvement

La P-[BHBA] des 327 vaches prélevées diminue progressivement à partir de la 3^{ème} semaine *postpartum* (Tableau 9 ; Figure 9), sans que le risque d'avoir une P-[BHBA] \geq 0,5, 0,6, 0,7 ou 0,8mmol/L ne soit significativement plus bas en semaines 2, 3, 4, >4 comparées à la semaine 1 ($P > 0,1$; Annexe 3.8).

| Intervalle mise-bas - prélèvement (jours) | Effectif | Moy | Med | σ | Min | Max | Nombre de vaches dont P-[BHBA] \geq 0,8 |
|---|----------|------|-----|----------|-----|-----|---|
| semaine 1 : <7 | 76 | 0,42 | 0,4 | 0,22 | 0,1 | 0,9 | 8 (10,5%) |
| 7 \leq semaine 2 < 15 | 92 | 0,42 | 0,4 | 0,26 | 0,1 | 1,3 | 6 (6,5%) |
| 15 \leq semaine 3 < 21 | 74 | 0,39 | 0,3 | 0,20 | 0,1 | 1,1 | 4 (5,4%) |
| 21 \leq semaine 4 \leq 31 | 61 | 0,35 | 0,3 | 0,16 | 0,1 | 0,9 | 2 (3,2%) |
| > semaine 4 : > 31 | 24 | 0,30 | 0,2 | 0,10 | 0,1 | 0,6 | 0 (0%) |

Tableau 9 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon l'intervalle mise-bas - prélèvement

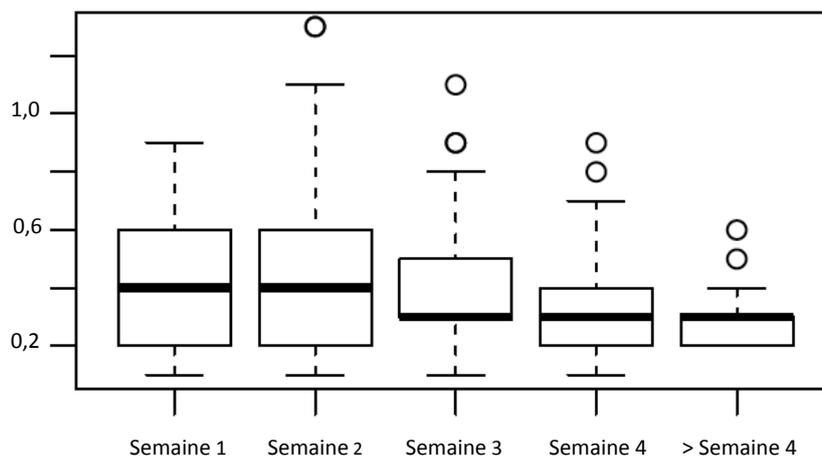


Figure 9 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon l'intervalle mise-bas - prélèvement

2.6. Intervalle dernier repas principal – heure de prélèvement

P-[BHBA] est maximale de 2 à 3h et minimale de 4 à 8h après le dernier repas principal (Tableau 10), sans différence significative ($P > 0,1$) de risques relatifs d'avoir P-[BHBA] $\geq 0,5$, 0,6, 0,7 ou 0,8mmol/L lorsque le prélèvement est réalisé dans les 2h ou dans les 4h après le dernier repas principal, comparé à un prélèvement réalisé plus de 2h ou 4h après le repas principal (Annexe 3.9).

Aucune vache n'a été prélevée entre 3h et 4h après la distribution du dernier repas principal.

| Intervalle repas principal - heure de prélèvement | | Nombre de vaches | Moy | Med | σ | Min | Max |
|---|-----------|------------------|------|-----|----------|-----|-----|
| de 0 à 4h | | 164 | 0,45 | 0,4 | 0,24 | 0,1 | 1,3 |
| dont | de 0 à 2h | 111 | 0,43 | 0,4 | 0,25 | 0,1 | 1,3 |
| | de 0 à 3h | 164 | 0,45 | 0,4 | 0,24 | 0,1 | 1,3 |
| | de 2 à 3h | 53 | 0,50 | 0,5 | 0,21 | 0,1 | 1,1 |
| | de 3 à 4h | 0 | | | | | |
| de 4 à 8h | | 163 | 0,33 | 0,3 | 0,16 | 0,1 | 1,1 |

Tableau 10 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon l'intervalle dernier repas principal - heure de prélèvement

3. Associations entre les concentrations plasmatiques en BHBA des vaches et leurs troubles sanitaires

3.1. Tous troubles

Les P-[BHBA] varient peu, en moyenne, entre les vaches avec et sans troubles, tous troubles confondus (Tableau 11 et Figure 10). 26,5% (9/34) et 14,7% (5/34) des vaches avec au moins un trouble de santé ont respectivement P-[BHBA] $\geq 0,5$ et $\geq 0,8$ mmol/L (Tableau 12).

| | Effectifs | Moy | Med | σ | Min | Max |
|--|-----------|------|-----|----------|-----|-----|
| Sans trouble de santé | 293 | 0,39 | 0,3 | 0,20 | 0,1 | 1,3 |
| Avec au moins un trouble de santé | 34 | 0,40 | 0,3 | 0,29 | 0,1 | 1,3 |

Tableau 11 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon l'état de santé des vaches

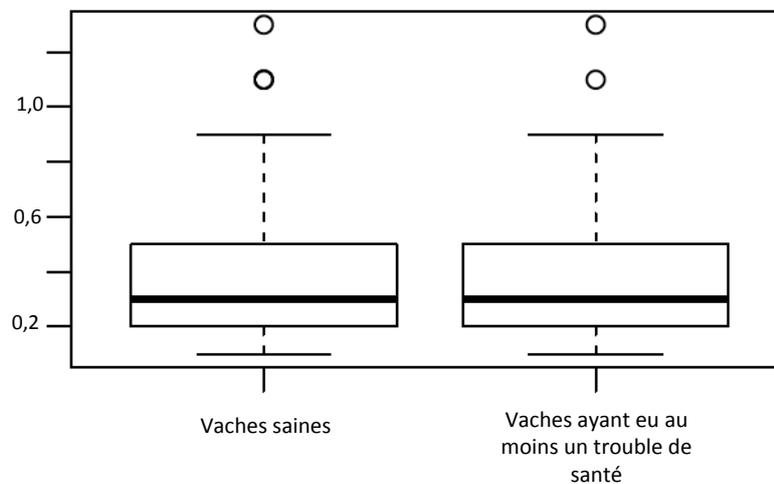


Figure 10 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon l'état de santé des vaches

| | Nombre de vaches saines | Nombre de vaches avec au moins un trouble (% des vaches avec au moins un trouble de santé) |
|---------------------------------------|-------------------------|--|
| P-[BHBA] $\geq 0,5$ | 318 | 9 (26,5%) |
| P-[BHBA] $\geq 0,6$ | 320 | 7 (20,6%) |
| P-[BHBA] $\geq 0,7$ | 321 | 6 (17,6%) |
| P-[BHBA] $\geq 0,8$ | 322 | 5 (14,7%) |

Tableau 12 : Répartition des concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) selon l'état de santé des vaches

Les vaches avec P-[BHBA] \geq 0,8mmol/L ont 2,4 fois plus de chance (IC90% = 1,0-5,5 ; P = 0,094) d'avoir eu au moins un trouble de santé (Annexe 4.1). L'association n'est pas significative pour les autres seuils. Pour les seuls prélèvements réalisés moins de 3 ou 4h après le repas principal, les vaches avec P-[BHBA] \geq 0,8mmol/L ont 2,5 fois plus de risque (IC90% = 1,1-6,0 ; P = 0,081) d'avoir eu au moins un trouble de santé (Annexe 4.1). L'association n'est pas significative pour les seuls prélèvements réalisés (i) sur les races Blonde d'Aquitaine et Limousine, (ii) moins de 2 h, (iii) plus de 2 h, (iii) plus de 4h après le dernier repas principal, (iii) dans les 15 jours *postpartum* (résultats non rapportés).

Dans les modèles multifactoriels corrigeant de l'effet de l'intervalle dernier repas - prélèvement (< ou > 3 ou 4h) ou de l'intervalle mise-bas - prélèvement (< ou > 15 jours), les associations entre P-[BHBA] et les troubles de santé ne sont pas significatives.

3.2. Troubles considérés isolément

Les vaches avec P-[BHBA] \geq 0,8mmol/L ont un risque relatif de 15,3 (IC90% = 1,5-157,1 ; P = 0,054 ; Annexe 4.2) d'avoir eu une métrite puerpérale, comparées aux vaches avec P-[BHBA] < 0,8mmol/L. L'association n'est pas significative (i) pour les autres seuils, (ii) lors de restriction sur les seuls prélèvements des races Blonde d'Aquitaine et Limousine, (iii) sur les seuls prélèvements réalisés moins de 4h après le dernier repas, (iiii) sur les seuls prélèvements réalisés plus de 4h après le dernier repas, (iiii) sur les seuls prélèvements des 15 premiers jours *postpartum*. Dans le modèle multifactoriel, le risque relatif que P-[BHBA] \geq 0,8mmol/L est de 19,2 (IC95% = 1,0-369,3 ; P = 0,050) pour les vaches avec métrite puerpérale comparées aux vaches sans métrite, lorsque corrigé sur l'intervalle dernier repas - prélèvement (< ou > 3 ou 4h) et de 16,7 (IC90% = 1,6-180,6 ; P = 0,051) lorsque corrigé sur l'intervalle mise-bas - prélèvement (< ou > 15 jours) (autres seuils non significatifs).

L'association entre P-[BHBA] et la présence d'une rétention placentaire n'est pas significative (Annexe 4.2). Cependant, les vaches avec P-[BHBA] \geq 0,8mmol/L ont un risque relatif de 5,0 (IC90% = 1,1-23,5 ; P = 0,088) d'avoir eu une rétention placentaire comparées aux vaches avec P-[BHBA] < 0,8mmol/L, lorsque seules les races Blonde

d'Aquitaine et Limousine sont considérées (autres seuils non significatifs). De même, le risque relatif est de 6,9 (IC95% = 1,00-47,77 ; P = 0,050) lorsque seuls les prélèvements réalisés moins de 4h après le dernier repas sont considérés (autres seuils non significatifs). L'association n'est pas significative sur les seuls prélèvements réalisés plus de 4h après le dernier repas. Les vaches avec P-[BHBA] \geq 0,8mmol/L ont un risque relatif de 5,4 (IC90% = 1,1-25,3 ; P = 0,074) d'avoir eu une rétention placentaire comparées aux vaches avec P-[BHBA] < 0,8mmol/L, lorsque seuls les prélèvements dans les 15 jours *postpartum* sont considérés (autres seuils non significatifs). Dans le modèle multifactoriel, lorsque corrigé sur l'intervalle dernier repas - prélèvement (< ou > 3 ou 4h), le risque relatif d'avoir eu une rétention placentaire est de 6,2 (IC90% = 1,3-30,1 ; P = 0,056) pour P-[BHBA] \geq 0,8mmol/L (autres seuils non significatifs). Lorsque corrigé sur l'intervalle mise-bas - prélèvement (< ou > 15 jours), le risque relatif d'avoir eu une rétention placentaire est de 5,4 (IC90% = 1,1-25,3 ; P = 0,074) pour P-[BHBA] \geq 0,8mmol/L (autres seuils non significatifs).

Les vaches avec P-[BHBA] \geq 0,6, 0,7 et 0,8mmol/L ont un risque relatif d'avoir donné naissance à des jumeaux de respectivement 4,7 (IC95% = 1,1-21,1 ; P = 0,042), 9,1 (IC95% = 2,0-40,5 ; P = 0,004) et 11,5 (IC95% = 2,6-51,4 ; P = 0,005) (Annexe 4.2), comparées aux vaches en dessous des seuils. L'association n'est pas significative pour le seuil 0,5mmol/L. Lors de restrictions aux races Blonde d'Aquitaine et Limousine, les RR respectifs sont 7,3 (IC90% = 1,2-45,9 ; P = 0,075), 15,0 (IC95% = 1,7-134,5 ; P = 0,015) et 13,9 (IC95% = 2,3-83,2 ; P = 0,004) (seuil 0,5mmol/L non significatif). Lorsque seuls les prélèvements réalisés dans les 4h suivant le dernier repas sont considérés, les vaches avec P-[BHBA] \geq 0,8mmol/L ont un risque relatif de 27,7 (IC95% = 2,9-266,9 ; P = 0,004) d'avoir donné naissance à des jumeaux comparées aux vaches avec P-[BHBA] < 0,8mmol/L (autres seuils non significatifs). Lorsque seuls les prélèvements réalisés plus de 4h après le dernier repas sont considérés, l'association n'est pas significative. Lorsque les prélèvements portent sur les seuls 15 premiers jours *postpartum*, les RR sont de 4,7 (IC90% = 1,1-19,6 ; P = 0,073), 10,0 (IC95% = 1,8-54,6 ; P = 0,008) et 11,0 (IC95% = 2,2-54,5 ; P = 0,003) (seuil 0,5mmol/L non significatif). Dans le modèle multifactoriel, lorsque corrigé sur l'intervalle dernier repas - prélèvement (< ou > 3 ou

4h), les vaches avec P-[BHBA] \geq 0,6, 0,7 et 0,8mmol/L ont un risque relatif d'avoir donné naissance à des jumeaux de 5,3 (IC95% = 1,0-26,9 ; P = 0,045), 10,6 (IC95% = 2,1-53,5 ; P = 0,004) et 12,4 (IC95% = 2,5-60,6 ; P = 0,002), comparées aux vaches en dessous des seuils. Lorsque corrigé sur l'intervalle mise-bas - prélèvement (< ou > 15 jours), les vaches avec P-[BHBA] \geq 0,6, 0,7 et 0,8mmol/L ont un risque relatif d'avoir donné naissance à des jumeaux de 3,6 (IC90% = 1,0-13,0 ; P = 0,097), 7,4 (IC95% = 1,6-33,5 ; P = 0,009) et 9,2 (IC95% = 2,0-41,7 ; P = 0,004), comparées aux vaches en dessous des seuils.

Les vaches avec P-[BHBA] \geq 0,5mmol/L ont un odd ratio d'avoir eu une dystocie de 0,14 (IC90% = 0,02-0,94 ; P = 0,090) comparées aux vaches avec P-[BHBA] < 0,5 (Annexe 4.2. ; autres seuils non significatifs). Les vaches avec P-[BHBA] \geq 0,5 et 0,6mmol/L ont un risque relatif d'avoir eu une dystocie de 0,12 (IC95% = 0,02-0,91 ; P = 0,041) et 0,17 (IC90% = 0,03-0,93 ; P = 0,086) comparées aux vaches en dessous des seuils, lorsque seuls les prélèvements des Blondes d'Aquitaine et des Limousines sont considérés. Lorsque seuls les prélèvements réalisés dans les 4h suivant le repas principal sont considérés, les vaches avec P-[BHBA] \geq 0,5 et 0,6mmol/L ont un risque relatif de 0,12 (IC95% = 0,02-0,95 ; P = 0,044) et de 0,17 (IC90% = 0,03-0,95 ; P = 0,091) respectivement d'avoir eu une dystocie comparées aux vaches en dessous des seuils. L'association n'est pas significative sur (i) les seuls prélèvements réalisés plus de 4h après le dernier repas, (ii) les seuls prélèvements réalisés dans les 15 jours *postpartum*. Dans le modèle multifactoriel, lorsque corrigé sur l'intervalle dernier repas - prélèvement (< ou > 3 ou 4h), le risque relatif d'avoir eu une rétention placentaire est de 0,12 (IC95% = 0,02-0,95 ; P = 0,044) et de 0,17 (IC90% = 0,03-0,95 ; P = 0,091) pour respectivement P-[BHBA] \geq 0,5 et 0,6mmol/L (autres seuils non significatifs). Lorsque corrigé sur l'intervalle mise-bas - prélèvement (< ou > 15 jours), l'odd ratio d'avoir eu une dystocie est de 0,16 (IC90% = 0,03-0,96 ; P = 0,093) pour P-[BHBA] \geq 0,5mmol/L (autres seuils non significatifs).

Les liens entre P-[BHBA] et la présence d'une césarienne n'ont pas été évalués en raison du faible nombre d'animaux concernés (Annexe 4.2), que ce soit sur la totalité de

l'effectif ou avec une restriction sur les prélèvements des races Blonde d'Aquitaine et Limousine, sur les prélèvements réalisés dans les 4h ou plus de 4h après le repas principal ou sur les prélèvements réalisés dans les 15 jours après vêlage. Dans les modèles multifactoriels corrigeant de l'effet de l'intervalle dernier repas - prélèvement (< ou > 3 ou 4h) ou de l'intervalle mise-bas - prélèvement (< ou > 15 jours), les associations entre P-[BHBA] et les césariennes ne sont pas significatives.

| Troubles | Modèles | Restrictions/Corrections | RR (OR) pour les seuils P-[BHBA] | | | |
|-----------------------|---------------------|---|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
| Métrite puerpérale | Mono- -factoriel | Sans restriction | - | - | - | <i>15,3</i> |
| | | Races Blonde d'Aquitaine et Limousine | - | - | - | - |
| | | Intervalle repas – prélèvement <4h | - | - | - | - |
| | | Intervalle repas – prélèvement >4h | - | - | - | - |
| | | Intervalle MB – prélèvement < 15 jours | - | - | - | - |
| | Poly- -factoriel | Effet de l'intervalle repas - prélèvement | - | - | - | 19,2 |
| | | Effet de l'intervalle MB - prélèvement | - | - | - | <i>16,7</i> |
| Rétention placentaire | M | Sans restriction | - | - | - | - |
| | | Races Blonde d'Aquitaine et Limousine | - | - | - | <i>5,0</i> |
| | | Intervalle repas – prélèvement <4h | - | - | - | 6,9 |
| | | Intervalle repas – prélèvement >4h | - | - | - | - |
| | | Intervalle MB – prélèvement < 15 jours | - | - | - | <i>5,4</i> |
| | P | Effet de l'intervalle repas - prélèvement | - | - | - | <i>6,2</i> |
| | | Effet de l'intervalle MB - prélèvement | - | - | - | <i>5,4</i> |
| Gémellité | M | Sans restriction | - | 4,7 | 9,1 | 11,5 |
| | | Races Blonde d'Aquitaine et Limousine | - | <i>7,3</i> | 15,0 | 13,9 |
| | | Intervalle repas – prélèvement <4h | - | - | - | 27,7 |
| | | Intervalle repas – prélèvement >4h | - | - | - | - |
| | | Intervalle MB – prélèvement < 15 jours | - | <i>4,7</i> | 10,0 | 11,0 |
| | P | Effet de l'intervalle repas - prélèvement | - | 5,3 | 10,6 | 12,4 |
| | | Effet de l'intervalle MB - prélèvement | - | <i>3,6</i> | 7,4 | 9,2 |
| Dystocie | M | Sans restriction | <i>(0,14)</i> | - | - | - |
| | | Races Blonde d'Aquitaine et Limousine | 0,12 | <i>0,17</i> | - | - |
| | | Intervalle repas – prélèvement <4h | 0,12 | <i>0,17</i> | - | - |
| | | Intervalle repas – prélèvement >4h | - | - | - | - |
| | | Intervalle MB – prélèvement < 15 jours | - | - | - | - |
| | P | Effet de l'intervalle repas - prélèvement | 0,12 | <i>0,17</i> | - | - |
| | | Effet de l'intervalle MB - prélèvement | <i>(0,16)</i> | - | - | - |
| Césarienne | M | Sans restriction | - | - | - | - |
| | | Avec restrictions | - | - | - | - |
| | P | Effet de l'intervalle repas - prélèvement | - | - | - | - |
| | | Effet de l'intervalle MB - prélèvement | - | - | - | - |

Tableau 13 : Associations entre les concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) des vaches leurs troubles sanitaires considérés isolément ((OR) ; RR/OR en gras pour $p < 0,05$ et RR/OR en italique pour $0,05 < p < 0,1$)

3.3. Combinaisons de troubles des vaches

Les vaches avec P-[BHBA] $\geq 0,8$ mmol/L ont un risque relatif de 2,6 (IC90% = 1,0-6,3 ; P = 0,086) d'avoir eu une césarienne et/ou une dystocie et/ou des jumeaux et/ou une rétention placentaire, comparées aux vaches avec P-[BHBA] $< 0,8$ mmol/L (Annexe 4.3 ; non significatif pour les autres seuils). Dans le modèle multifactoriel, le RR est de 2,5 (IC90% = 1,0-6,0 ; P = 0,090), lorsque corrigé sur l'intervalle dernier repas - prélèvement ($<$ ou $>$ 3 ou 4h) et de 2,6 (IC90% = 1,1-6,3 ; P = 0,078), lorsque corrigé sur l'intervalle mise-bas - prélèvement ($<$ ou $>$ 15 jours).

Les vaches avec P-[BHBA] $\geq 0,8$ mmol/L ont un risque relatif de 8,9 (IC95% = 1,9-42,3 ; P = 0,006) d'avoir eu une métrite puerpérale et/ou une rétention placentaire comparées aux vaches avec P-[BHBA] $< 0,8$ mmol/L (Annexe 4.3 ; non significatif pour les autres seuils). Dans le modèle multifactoriel, le RR est de 7,6 (IC95% = 1,6-35,7 ; P = 0,011), lorsque corrigé sur l'intervalle dernier repas - prélèvement ($<$ ou $>$ 3 ou 4h) et de 7,1 (IC95% = 1,5-33,0 ; P=0,013), lorsque corrigé sur l'intervalle mise-bas - prélèvement ($<$ ou $>$ 15 jours).

Les vaches avec P-[BHBA] $\geq 0,5$ et $0,6$ mmol/L ont un risque relatif de 0,23 (IC90% = 0,06-0,86 ; P = 0,066) et 0,15 (IC90% = 0,02-0,87 ; P = 0,076), respectivement, d'avoir eu une césarienne et/ou une dystocie (Annexe 4.3 ; non significatif pour les autres seuils). Dans le modèle multifactoriel, les RR d'avoir au moins un de ces troubles de santé sont de 0,20 (IC95% = 0,05-0,90 ; P = 0,035) et 0,13 (IC95% = 0,02-1,00 ; P = 0,050), lorsque corrigé sur l'intervalle dernier repas - prélèvement ($<$ ou $>$ 3 ou 4h). De même, lorsque corrigé sur l'intervalle mise-bas - prélèvement ($<$ ou $>$ 15 jours), ils sont de 0,25 (IC90% = 0,07-0,93 ; P = 0,082) et 0,15 (IC90% = 0,03-0,91 ; P = 0,083).

Les vaches avec P-[BHBA] $\geq 0,8$ mmol/L ont un risque relatif de 3,8 (IC95% = 1,2-12,2 ; P = 0,028) d'avoir eu une dystocie et/ou des jumeaux (Annexe 4.3 ; non significatif pour les autres seuils). Dans un modèle multifactoriel, ce RR est de 2,9 (IC90% = 1,1-7,3 ; P = 0,063), lorsque corrigé sur l'intervalle dernier repas - prélèvement ($<$ ou $>$ 3 ou 4h) et de 3,3 (IC95% = 1,1-9,9 ; P = 0,037), lorsque corrigé sur l'intervalle mise-bas - prélèvement ($<$ ou $>$ 15 jours).

Seule une association entre P-[BHBA] et les associations de troubles des vaches reste significative lorsque seuls les prélèvements réalisés dans les 15 jours *postpartum* sont considérés : les vaches avec P-[BHBA] \geq 0,8mmol/L ont un risque relatif de 7,9 (IC95%=2,1-29,9 ; P=0,011) d'avoir une métrite puerpérale et/ou une rétention placentaire.

Les autres combinaisons de troubles de santé des vaches ne sont pas significativement associées à P-[BHBA].

| Troubles | Modèles | Corrections | RR pour les seuils P-[BHBA] | | | |
|---|---------|---|-----------------------------|-------------|-----|------------|
| | | | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
| Césarienne et/ou dystocie et/ou gémellité et/ou rétention placentaire | M | Sans restriction | - | - | - | 2,6 |
| | P | Effet de l'intervalle repas - prélèvement | - | - | - | 2,5 |
| | | Effet de l'intervalle MB - prélèvement | - | - | - | 2,6 |
| Métrite puerpérale et/ou rétention placentaire | M | Sans restriction | - | - | - | 8,9 |
| | P | Effet de l'intervalle repas - prélèvement | - | - | - | 7,6 |
| | | Effet de l'intervalle MB - prélèvement | - | - | - | 7,1 |
| Césarienne et/ou dystocie | M | Sans restriction | <i>0,23</i> | <i>0,15</i> | - | - |
| | P | Effet de l'intervalle repas - prélèvement | 0,20 | 0,13 | - | - |
| | | Effet de l'intervalle MB - prélèvement | <i>0,25</i> | <i>0,15</i> | - | - |
| Dystocie et/ou gémellité | M | Sans restriction | - | - | - | 3,8 |
| | P | Effet de l'intervalle repas - prélèvement | - | - | - | 2,9 |
| | | Effet de l'intervalle MB - prélèvement | - | - | - | 3,3 |

Tableau 14 : Associations entre les concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) des vaches et leurs combinaisons de troubles (RR/OR en gras pour $p < 0,05$ et RR/OR en italique pour $0,05 < p < 0,1$)

4. Associations entre les concentrations plasmatiques en BHBA des vaches et les troubles sanitaires des veaux

4.1. Tous troubles

En moyenne, les P-[BHBA] des mères varient peu, entre les veaux avec et sans trouble, tous troubles confondus (Tableau 15 et Figure 11). 31,9% (22/69) et 8,7% (6/69) des mères des veaux avec au moins un trouble de santé ont une P-[BHBA] $\geq 0,5$ et 0,8mmol/L, respectivement (Tableau 16).

| | Nombre de veaux | Moy | Med | σ | Min | Max |
|-----------------------------------|-----------------|------|-----|----------|-----|-----|
| Sans trouble de santé | 265 | 0,40 | 0,3 | 0,20 | 0,1 | 1,3 |
| Avec au moins un trouble de santé | 69 | 0,39 | 0,3 | 0,28 | 0,1 | 1,3 |

Tableau 15 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) des mères selon l'état de santé des veaux

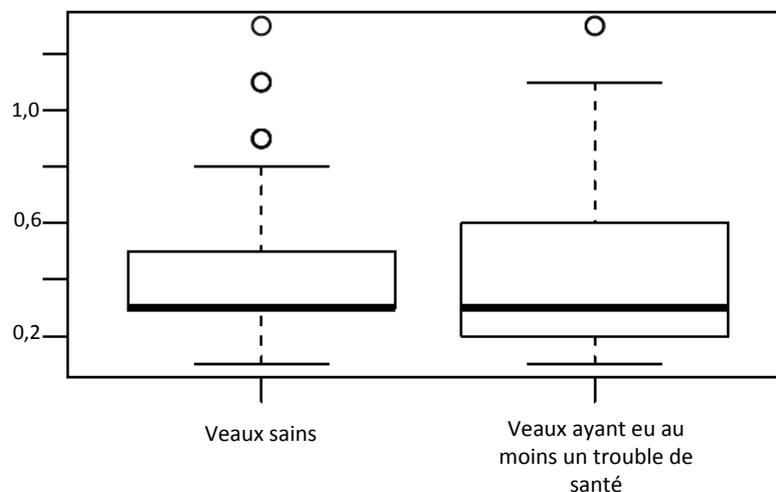


Figure 11 : Concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) des mères selon l'état de santé des veaux

| | Nombre de mères dont les veaux n'ont pas eu de trouble | Nombre de mères dont les veaux ont eu au moins un trouble |
|---------------------|--|---|
| P-[BHBA] $\geq 0,5$ | 312 | 22 |
| P-[BHBA] $\geq 0,6$ | 315 | 19 |
| P-[BHBA] $\geq 0,7$ | 324 | 10 |
| P-[BHBA] $\geq 0,8$ | 328 | 6 |

Tableau 16 : Répartition des concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) des mères selon l'état de santé des veaux

Les veaux des mères avec P-[BHBA] \geq 0,5 et 0,6mmol/L ont un odd ratio respectif de 1,8 (IC90% = 1,0-3,3 ; P = 0,092) et 3,1 (IC90% = 1,7-5,7 ; P = 0,072) (Annexe 5.1.) d'avoir eu au moins un trouble de santé entre la naissance et le jour du prélèvement de sa mère (autres seuils non significatifs). L'association n'est pas significative pour le RR.

Lorsque seuls les prélèvements réalisés plus de 4h après le dernier repas principal sont considérés, les veaux des mères avec P-[BHBA] \geq 0,6mmol/L ont un odd ratio de 5,4 (IC90% = 1,2-23,6 ; P = 0,058) d'avoir eu au moins un trouble de santé entre la naissance et le jour du prélèvement de sa mère (Annexe 5.1. ; autres seuils non significatifs).

Cependant, l'association n'est plus significative lorsque sont seuls considérés (i) les races Blonde d'Aquitaine et Limousine, (ii) les prélèvements réalisés dans les 2h, 3h ou 4h suivant le dernier repas principal, (iii) les prélèvements avant 15 jours *postpartum*.

Lorsque seuls sont considérés les couples mère - veau dont la mère avait un trouble, aucune association n'est significative. Lorsque seuls sont considérés les couples mère - veau dont la mère avait un trouble survenant moins de 4, 7 ou 15 jours autour du prélèvement, aucune association n'est significative.

Dans le modèle polyfactoriel, lorsque corrigé sur l'intervalle dernier repas - prélèvement (< ou > 3 ou 4h), les veaux des mères avec P-[BHBA] \geq 0,5 et 0,6mmol/L ont un odd ratio d'avoir au moins un trouble de respectivement 1,9 (IC90% = 1,0-3,4 ; P = 0,087) et 2,0 (IC90% = 1,1-3,7 ; P = 0,071), comparés aux veaux des mères avec P-[BHBA] < 0,5 et 0,6mmol/L (RR non significatifs).

Dans le modèle polyfactoriel, lorsque corrigé sur l'intervalle mise-bas - prélèvement (< ou > 15 jours), les veaux des mères avec P-[BHBA] \geq 0,5 et 0,6mmol/L ont un odd ratio d'avoir au moins un trouble de respectivement 1,8 (IC90% = 1,0-3,3 ; P = 0,096) et 1,9 (IC90% = 1,1-3,6 ; P = 0,077), comparés aux veaux des mères avec P-[BHBA] < 0,5 et 0,6mmol/L (RR non significatifs).

4.2. Diarrhée néonatale

Les veaux des mères avec P-[BHBA] $\geq 0,5$ et $0,6\text{mmol/L}$ ont un risque relatif d'avoir une diarrhée néonatale de respectivement 1,9 (IC90% = 1,1-3,3 ; P = 0,071) et de 1,8 (IC90% = 1,0-3,2 ; P = 0,099), comparés aux veaux des mères avec P-[BHBA] $< 0,5$ et $0,6\text{mmol/L}$ (Annexe 5.2).

Lorsque seuls les prélèvements réalisés plus de 4h après le dernier repas principal sont considérés, les veaux des mères avec P-[BHBA] $\geq 0,5$ et $0,6\text{mmol/L}$ ont un risque relatif d'avoir une diarrhée néonatale de respectivement 2,8 (IC90% = 1,1-7,2 ; P = 0,070) et de 3,1 (IC90% = 1,1-8,6 ; P = 0,064), comparés aux veaux des mères avec P-[BHBA] $< 0,5$ et $0,6\text{mmol/L}$.

Cependant, l'association n'est plus significative lorsque sont seuls considérés (i) les races Blonde d'Aquitaine et Limousine, (ii) les prélèvements réalisés dans les 4h suivant le dernier repas principal, (iii) les prélèvements avant 15 jours *postpartum*.

Lorsque seuls sont considérés les couples mère - veau dont la mère avait au moins un trouble, l'association n'est plus significative. Les veaux des mères avec P-[BHBA] $\geq 0,8\text{mmol/L}$ ont un risque relatif d'avoir une diarrhée néonatale de 4,0 (IC90% = 1,0-15,3 ; P = 0,090), comparés aux veaux des mères avec P-[BHBA] $< 0,8\text{mmol/L}$, lorsque sont seuls considérés les couples mère - veau dont la mère avait un trouble survenant moins de 15 jours autour du prélèvement (Annexe 5.3. ; non significatif si moins de 4 ou 7 jours autour du prélèvement).

Dans le modèle polyfactoriel, lorsque corrigé sur l'intervalle dernier repas - prélèvement ($<$ ou $>$ 3 ou 4h), les veaux des mères avec P-[BHBA] $\geq 0,5\text{mmol/L}$ ont un risque relatif d'avoir une diarrhée néonatale de 1,9 (IC90% = 1,1-3,3 ; P = 0,073), comparés aux veaux des mères avec P-[BHBA] $< 0,5\text{mmol/L}$.

Dans le modèle polyfactoriel, lorsque corrigé sur l'intervalle mise-bas - prélèvement ($<$ ou $>$ 15 jours), les veaux des mères avec P-[BHBA] $\geq 0,5\text{mmol/L}$ ont un risque relatif d'avoir une diarrhée néonatale de 1,8 (IC90% = 1,0-3,2 ; P = 0,083), comparés aux veaux des mères avec P-[BHBA] $< 0,5\text{mmol/L}$.

4.3. Mortalité

Les veaux des mères avec P-[BHBA] $\geq 0,7$ mmol/L ont un odd ratio de mourir de 3,3 (IC90% = 1,0-10,4 ; P = 0,090), comparés aux veaux des mères avec P-[BHBA] $< 0,7$ mmol/L (Annexe 5.2). Le RR lié tend à être significatif (RR = 3,0 ; IC90% = 1,0-9,0 ; P = 0,104).

Cependant, l'association n'est plus significative lorsque sont seuls considérés (i) les races Blonde d'Aquitaine et Limousine, (ii) les prélèvements réalisés dans les 4h suivant le dernier repas principal ou plus de 4h après le repas principal, (iii) les prélèvements avant 15 jours *postpartum*. Lorsque seuls sont considérés les couples mère - veau dont la mère avait au moins un trouble, l'association n'est pas significative. Lorsque sont considérés les couples mère - veau dont la mère avait un trouble survenant moins de 4, 7 ou 15 jours autour du prélèvement, l'association n'est pas significative.

De même, l'association n'est plus significative dans le modèle polyfactoriel, lorsque corrigé sur l'intervalle dernier repas - prélèvement ($<$ ou $>$ 3 ou 4h) ou sur l'intervalle mise-bas - prélèvement ($<$ ou $>$ 15 jours).

Aucune association significative n'a été mise en évidence pour les autres troubles des veaux, dans aucun des modèles.

| Troubles | Modèles | Restrictions/Corrections | RR (OR) pour les seuils P-[BHBA] | | | |
|-----------------------|---------|---|-------------------------------------|--------------|--------------|-----|
| | | | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
| Tous | M | Sans restriction | <i>(1,8)</i> | <i>(3,1)</i> | - | - |
| | | Races Blonde d'Aquitaine et Limousine | - | - | - | - |
| | | Intervalle repas – prélèvement <4h | - | - | - | - |
| | | Intervalle repas – prélèvement >4h | - | <i>(5,4)</i> | - | - |
| | | Intervalle MB – prélèvement < 15 jours | - | - | - | - |
| | P | Effet de l'intervalle repas - prélèvement | <i>(1,9)</i> | <i>(2,0)</i> | - | - |
| | | Effet de l'intervalle MB - prélèvement | <i>(1,8)</i> | <i>(1,9)</i> | - | - |
| Diarrhée néonatale | M | Sans restriction | <i>1,9</i> | <i>1,8</i> | - | - |
| | | Races Blonde d'Aquitaine et Limousine | - | - | - | - |
| | | Intervalle repas – prélèvement <4h | - | - | - | - |
| | | Intervalle repas – prélèvement >4h | <i>2,8</i> | <i>3,1</i> | - | - |
| | | Intervalle MB – prélèvement < 15 jours | - | - | - | - |
| | P | Effet de l'intervalle repas - prélèvement | <i>1,9</i> | - | - | - |
| | | Effet de l'intervalle MB - prélèvement | <i>1,8</i> | - | - | - |
| Mortalité | M | Sans restriction | - | - | <i>(3,3)</i> | - |
| | | Races Blonde d'Aquitaine et Limousine | - | - | - | - |
| | | Intervalle repas – prélèvement <4h | - | - | - | - |
| | | Intervalle repas – prélèvement >4h | - | - | - | - |
| | | Intervalle MB – prélèvement < 15 jours | - | - | - | - |
| | P | Effet de l'intervalle repas - prélèvement | - | - | - | - |
| | | Effet de l'intervalle MB - prélèvement | - | - | - | - |

Tableau 17 : Associations entre les concentrations plasmatiques en BHBA (mmol/L) des vaches et les troubles sanitaires des veaux ((OR) ; RR/OR en gras pour $p < 0,05$ et RR/OR en italique pour $0,05 < p < 0,1$)

PARTIE 3 : DISCUSSION

1. Protocole expérimental

Effectifs et puissance statistique

L'étude a été menée sur 327 vaches et sur 334 veaux. La faiblesse des effectifs pourrait conduire à l'absence d'identification de certaines associations par manque de puissance statistique. De plus, de nombreuses associations ne sont significatives qu'avec un risque alpha de 10%. Il est possible que ces associations soient significatives avec un risque alpha plus faible en présence d'un effectif plus important. Le risque beta de déclarer non différentes des populations qui en fait le sont pourrait être élevé dans cette étude. Ce risque n'a pas été évalué à priori, en raison de l'absence totale de données sur cette problématique. Les résultats de cet essai peuvent en ce sens contribuer à une étude plus poussée et statistiquement plus adaptée à la question posée.

Gold standard : test et analyseur

La méthode la plus couramment utilisée pour la détection de l'hypercétonémie est la mesure quantitative du BHBA dans le sang total ou dans le sérum effectuée en laboratoire (Oetzel, 2004). Bien qu'une variété de tests réalisables au chevet de la vache (à partir de sang, de lait ou d'urine) existe actuellement pour effectuer le dosage des corps cétoniques, aucun ne présente une sensibilité et une spécificité équivalentes à celles de la mesure quantitative du BHBA sanguin de laboratoire (Michaux, 2009). Le BHBA a l'avantage d'être le corps cétonique circulant prédominant dans le sang. Il a surtout l'avantage d'être le corps cétonique le plus stable dans le plasma et le sérum (Duffield, 2000). Son dosage au chevet de l'animal peut être réalisé avec des appareils portatifs électroniques (sur sang) ou chimiques (dans l'urine ou dans le lait). Cependant, la corrélation s'établissant entre $P\text{-[BHBA]}_{\text{appareilsportatifs}}$ et $P\text{-[BHBA]}_{\text{laboratoire}}$ est globalement bonne ($r = 0,95$; Iwersen, 2009 ; $r = 0,97$; Voyvoda, 2010). Elle est dans tous les cas supérieure aux corrélations s'établissant entre $P\text{-[BHBA]}_{\text{laboratoire}}$ et les

concentrations en BHBA obtenues avec des tests chimiques (sur lait et urine) ($r = 0,63$ à $0,64$).

Parmi les appareils portatifs électroniques, le FreeStyle Optimum Xceed® ou Precision Xtra® (Abbott Diabete Care Ltd, Witney, UK) est utilisé en médecine humaine et vétérinaire. Avec une définition de la cétose subclinique par P-[BHBA] $\geq 1,2$ mmol/L, la sensibilité et spécificité de l'appareil (FreeStyle Optimum Xceed®) pour la détection de la cétose subclinique sont respectivement de 85 et 94% pour un essai (Voyvoda, 2010) et de 88 et 96% pour un autre (Iwersen, 2009). La sensibilité monte à 96% avec un seuil de P-[BHBA] à 1,4mmol/L (Iwersen, 2009).

Au final, la référence utilisée dans cet essai, à savoir dosage de P-[BHBA] par l'appareil portatif FreeStyle Optimum Xceed® semble adaptée.

Modalités de prélèvement : délai repas principal - prélèvement

Le protocole prévoyait des prélèvements entre 4 et 8h après la distribution du dernier repas principal, mais cette préconisation n'a pas pu être respectée et près de 50% des vaches ont été prélevées avant 4h. En élevage laitier, des variations de P-[BHBA] diurnes importantes ont été mises en évidence, avec une augmentation postprandiale de 30 min jusqu'à 5h après le repas principal. La production de BHBA par la paroi ruminale à partir des AGV est à l'origine de cette hausse postprandiale de la concentration sanguine. Les recommandations de prélèvements 4 à 5h après le repas principal en élevage laitier (Oetzel, 2004) sont la conséquence de l'augmentation postprandiale pendant cette fenêtre. Dans la plupart des essais associant les troubles de santé et P-[BHBA], l'heure de prélèvement n'est pas précisée voire pas standardisée (Duffield, 2009 ; Chapinal, 2011).

Dans cet essai, la P-[BHBA] moyenne est de 0,45mmol/L (Med = 0,4 ; $\sigma = 0,24$) pour les prélèvements réalisés dans les 3h ou 4h suivant le dernier repas principal et de 0,33mmol/L (Med = 0,3 ; $\sigma = 0,16$) pour les prélèvements réalisés plus de 4h après le dernier repas principal. Si aucune association n'est observée entre le délai dernier repas - prélèvement et P-[BHBA], les résultats des modèles restreints aux délais < ou > à 4 h et des modèles polyfactoriels corrigeant du biais lié au délai dernier repas - prélèvement

sont parfois discordants et les coefficients diffèrent sensiblement, suggérant cette prise en considération.

Au final, la présence de prélèvements avant 4h après la distribution du repas principal permet d'obtenir des valeurs de P-[BHBA] plus élevées que si la préconisation de prélèvement de 4 à 8h après le repas avait été respectée. Par ailleurs, en raison de l'origine ruminale de l'augmentation postprandiale de P-[BHBA], la cinétique journalière de P-[BHBA] pourrait différer chez les vaches allaitantes comparées aux laitières, en raison des différences d'intensité de leur métabolisme. Aussi, la distribution des tests sur les 8h postprandiales permet de montrer des valeurs plus élevées dans les 2h postprandiales, un pic modéré entre 2 et 3h postprandiales et des valeurs plus basses 4h après le repas principal (Tableau 10).

2. Concentrations plasmatiques en BHBA et prévalence de l'hypercétonémie en élevage allaitant

Prévalence de l'hypercétonémie en élevage allaitant

Cette étude permet de définir la prévalence de la cétose subclinique en élevage allaitant. En retenant le seuil de 0,8mmol/L pour P-[BHBA], car associé à la majorité des effets significatifs chez la vache, la prévalence de l'hypercétonémie en élevage allaitant serait de 6,1% (Tableau 5). Dans cet essai, seuls 0,6% (2/327) des vaches atteignent la valeur de référence de BHBA retenue en élevage laitier (1,2mmol/L ; Ospina, 2010a). En retenant le seuil de 0,8mmol/L, la prévalence par élevage varie de 0 à 32% avec une prévalence moyenne par élevage de 5,5%.

En retenant le seuil de 0,5 ou 0,6mmol/L pour P-[BHBA], valeurs associées à la majorité des effets significatifs chez le veau, la prévalence moyenne de l'hypercétonémie en élevage allaitant serait de 28,1% et 22,0%, varierait par élevage de 0 à 69,7% et 0 à 48,5% avec une prévalence moyenne par élevage de 25,8% et 20,2% respectivement. (Tableau 5).

En retenant le seuil de 0,8mmol/L, la prévalence de l'hypercétonémie est de 10,5% et 6,5% la première et la seconde semaine suivant la mise-bas, respectivement. Elle continue à diminuer pour atteindre 0% après 31 jours *postpartum* (Tableau 9). Ces résultats sont en accord avec les résultats chez la vache laitière, chez qui le pic de prévalence a lieu lors des deux premières semaines de lactation (Duffield, 1997). Récemment, la prévalence rapportée de la cétose subclinique en élevage laitier (P-[BHBA] \geq 1,2mmol/L) dépasse les 20% du 4^{ème} au 9^{ème} jour de lactation et atteint un pic le 5^{ème} jour de lactation (Mc Art, 2012).

Facteurs de variation de l'hypercétionémie en élevage allaitant

Dans cette étude, les vaches de race Blonde d'Aquitaine et Limousine ont plus de chance d'avoir une P-[BHBA] $\geq 0,8$ mmol/L que les Salers, avec une prévalence d'hypercétionémie de 0,8%, 5,7% et 13,1% pour respectivement les Salers, les Limousines et les Blondes d'Aquitaine (Tableau 6). Ces éléments sont en accord avec les caractéristiques de rusticité de la Salers mais en opposition avec la plus forte production laitière moyenne de la Salers comparée aux autres races. Des biais liés aux différences de systèmes de production entre races et éventuellement à la représentativité des cheptels pour chaque race ne peuvent être exclus.

Les P-[BHBA] moyennes (Tableau 8) ou la prévalence de l'hypercétionémie (définie avec P-[BHBA] $\geq 0,8$ mmol/L : 4,2, 6,9 et 6,8 % pour respectivement les parités 1-2, 3-6 et >6) augmentent à partir de la 3^{ème} lactation, sans différence significative. De même, chez la vache laitière, la prévalence de la cétose subclinique a tendance à augmenter avec la parité bien que seule la différence entre les vaches de parité 1 et les vaches de parité 4 soit significative (Duffield, 1997). La prévalence de la cétose clinique atteindrait 3%, 7%, 20%, 22% et 13% chez les vaches de parité respective 1, 2, 3, 4-5 et >5 (Kauppinen, 1983).

L'absence d'association entre la NEC établie le jour du prélèvement et P-[BHBA] est probablement attribuable à la prise en compte d'une NEC à date fixe (Kim, 2003) et non de son évolution. Ceci ne permet pas d'écarter l'hypothèse de l'impact d'une restriction alimentaire sur les BHBA plasmatiques en élevage allaitant, mais qui reste à valider.

Par ailleurs, les vaches avec NEC ≥ 3 ont moins de risque d'avoir été affectées par au moins un trouble sanitaire que celles avec NEC < 3 (RR = 0,45). En raison de la postériorité des prélèvements par rapport aux troubles, cette association pourrait être liée à un amaigrissement consécutif aux troubles. Cependant, la NEC n'est pas associée au délai mise-bas – prélèvement (Figure 3), suggérant qu'une partie de la relation est liée à des troubles plus probablement consécutifs à une NEC faible. Il n'est ici pas possible de distinguer l'amaigrissement *peripartum* d'un état de maigreur à l'entrée à l'étable.

3. Associations entre concentrations plasmatiques en BHBA et troubles sanitaires des vaches et de leurs veaux

3.1. Relations d'antériorité et concordance des modèles utilisés

La principale limite de cet essai est l'absence d'antériorité des prélèvements sur les troubles, tous les prélèvements étant postérieurs aux troubles. Pour les vaches, 81,6% des troubles sont directement liés à la mise-bas, obligeant le recours à des prélèvements *antepartum* pour atteindre l'objectif d'antériorité des prélèvements sur les troubles.

Pour évaluer si les coefficients obtenus sont biaisés par rapport à une situation d'antériorité des prélèvements sur les troubles, les modèles ont été restreints aux 15 jours *postpartum*, augmentant de fait la concomitance entre les troubles et les prélèvements, sans obtenir une antériorité. Or, la durée moyenne d'une cétose subclinique chez la vache laitière a été évaluée à 16 jours avec une durée minimale de 8 jours (Dohoo, 1984). Récemment, la durée moyenne d'un épisode de cétose a été évaluée à 5 jours (Mc Art, 2012). Ceci suggère qu'une stricte relation d'antériorité reste aussi biaisée car l'hypercétonémie perdure plusieurs jours et les prélèvements positifs peuvent avoir lieu en début ou fin de positivité. Pire, l'ensemble de ces essais reste, à quelques exceptions près, basé sur un prélèvement unique de BHBA, conduisant à une sous-détection de l'hypercétonémie, à faussement attribuer au groupe témoin des animaux avec hypercétonémie (non détectée) et donc à sous-estimer les valeurs d'OR ou de RR. Même si ces biais liés au prélèvement unique sont aussi présents dans cet essai et que le biais d'antériorité et celui lié au prélèvement unique sont indépendants, il convient de garder à l'esprit qu'une stricte relation d'antériorité ne diminue qu'un seul biais parmi d'autres.

Au contraire, dans cet essai, une attention particulière a été apportée au délai entre le dernier repas principal et le prélèvement, biais souvent mal considéré dans les essais laitiers.

Au final, il apparaît que la correction des modèles monofactoriels par des covariables (modèles polyfactoriels) n'entraîne des différences de coefficients et de significativité que minimales pour les métrites puerpérales, la gémellité, la dystocie

(Tableau 13), les troubles combinés des vaches (Tableau 14) et les troubles des veaux (Tableau 17). Ces résultats similaires entre modèles suggèrent une bonne robustesse des modèles et suggèrent de considérer le biais lié à l'antériorité (des troubles par rapport aux prélèvements) comme faible. Des nouvelles études restent nécessaires pour vérifier ces éléments. L'absence de significativité de certains modèles avec restriction alors que les modèles sans restriction ou les modèles polyfactoriels montrent des associations significatives est très probablement liée à un manque de puissance significative pour les modèles avec restriction.

3.2. Troubles des vaches

Les associations mises en évidence dans cette étude entre tous les troubles *postpartum* confondus d'une part, les métrites puerpérales, la gémellité, les rétentions placentaires et les dystocies d'autre part et les P-[BHBA] des vaches sont en accord avec les études menées chez la vache laitière.

Par exemple, le RR ou OR de métrite puerpérale lors d'hypercétonémie ou de cétose subclinique varie majoritairement entre 1,7 et 3,4 (Duffield, 2009 ; Opsina, 2010a ; Dubuc, 2010 ; Chapinal, 2011 ; Suthar, 2013), avec une valeur extrême à 17,0 (Opsina, 2010a). Dans cet essai, le faible nombre de métrites puerpérales considérées suggère une prudence dans l'interprétation de cette association.

De même, le RR ou OR de rétention placentaire lors d'hypercétonémie ou de cétose subclinique varie entre 1,3 et 1,8 (Chapinal, 2011 ; Leblanc, 2004 ; Quiroz-Rocha, 2009).

Dans ces 4 cas (métrite puerpérale, gémellité, rétention placentaire et dystocie), le risque de baisse d'ingestion suite à ces troubles et l'absence d'antériorité des prélèvements (par rapport aux troubles) de cet essai suggère de ne pas spéculer sur la relation de cause à effet de l'association. Si l'hypercétonémie est la conséquence des troubles observés, un suivi métabolique accru de ces animaux semble conseillé.

3.3. Troubles des veaux

Les diarrhées représentent 63,5% des troubles des veaux et les associations observées entre l'hypercétionémie et tous les troubles sont probablement majoritairement liées aux diarrhées.

Les veaux des mères avec P-[BHBA] $\geq 0,5$ ou $0,6$ mmol/L ont un risque relatif de 1,9 ou 1,8 d'avoir une diarrhée comparés aux veaux des mères avec P-[BHBA] $< 0,5$ ou $0,6$ mmol/L. Le RR augmente pour les seuls prélèvements réalisés plus de 4h après le dernier repas principal. Le risque relatif atteint 4,0 avec le seuil P-[BHBA] $\geq 0,8$ mmol/L lorsque seuls les couples mère -veau avec un trouble chez la mère et un délai trouble -prélèvement < 15 jours.

Ces éléments démontrent clairement que les vaches avec P-[BHBA] élevée ont plus de chance d'avoir un veau avec diarrhée. Les mécanismes physiopathologiques restent à élucider. Une modification de la composition du lait, avec des taux butyreux plus importants lorsque les P-[BHBA] sont élevées, est possible.

L'origine de l'augmentation de P-[BHBA] chez les vaches et l'origine de l'association observée entre diarrhée des veaux et P-[BHBA] de leurs mères sont potentiellement un trouble chez les vaches. Cette association observée serait alors une association entre troubles des vaches et troubles des veaux, l'hypercétionémie jouant un rôle intermédiaire impliqué ou pas dans la physiopathologie. Ceci est suggéré par le RR de 4,0 obtenu en ciblant les vaches à troubles.

En considérant toute la population, les RR de diarrhée sont plus faibles (tout en restant proches de 2) et apparaissent à des valeurs de P-[BHBA] plus basses (0,5 et 0,6 mmol/L). Cette association suggère que l'hypercétionémie des vaches favorise la diarrhée des veaux. En effet, il est peu probable que les vaches des veaux à diarrhée aient fait l'objet de restrictions alimentaires particulières contribuant à l'hypercétionémie, une fois la diarrhée déclarée.

Au final, malgré les limites de cette étude, un lien entre hypercétionémie de la vache et diarrhée de son veau apparaît fort probable.

CONCLUSION

Cette étude montre que les vaches avec P-[BHBA] $\geq 0,8$ mmol/L ont un risque relatif de 15, 11 et 6 d'avoir eu respectivement une métrite puerpérale, une gémellité et une rétention placentaire.

En retenant ce seuil pour P-[BHBA], car associé à la majorité des effets significatifs chez la vache, la prévalence de l'hypercétonémie en élevage allaitant serait de 6,1%.

De plus, les veaux des mères avec P-[BHBA] $\geq 0,5$ ou 0,6mmol/L ont un risque relatif de 1,9 ou 1,8 d'avoir une diarrhée comparés aux veaux des mères avec P-[BHBA] $< 0,5$ ou 0,6mmol/L. Le risque relatif atteint 4,0 avec le seuil P-[BHBA] $\geq 0,8$ mmol/L lorsque seuls les couples mère - veau avec un trouble chez la mère survenant moins de 15 jours autour du prélèvement sont considérés.

La principale limite de cette étude est l'absence d'antériorité des prélèvements sur les troubles, tous les prélèvements étant postérieurs aux troubles.

Pour les vaches, le risque de baisse d'ingestion suite à une métrite puerpérale, une gémellité ou une rétention placentaire et l'absence d'antériorité des prélèvements par rapport aux troubles de cet essai suggère de ne pas spéculer sur la relation de cause à effet de l'association. Si l'hypercétonémie est la conséquence des troubles observés, un suivi métabolique accru de ces animaux semble conseillé.

Pour les veaux, un lien entre hypercétonémie de leur mère et diarrhée apparait fort probable. D'autres études épidémiologiques et physiopathologiques sont nécessaires pour en préciser les mécanismes.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire

Je soussigné, **Didier RABOISSON**, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **EGAL Marine** intitulée « *Cétose subclinique en élevage allaitant : prévalence et impact sanitaire* » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 17/09/2013
Docteur **Didier RABOISSON**
Enseignant chercheur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

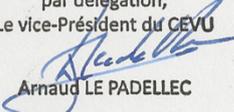
Vu :
Le Directeur de l'Ecole Nationale
Vétérinaire de Toulouse
Professeur **Alain MILON**

Vu :
Le Président du jury :
Professeur **SALVAYRE Robert**

Vu et autorisation de l'impression :
Le Président de l'Université
Paul Sabatier
Professeur **Bertrand MONTHUBERT**

Melle EGAL Marine
a été admis(e) sur concours en : 2008
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le : 21/06/2012
a validé son année d'approfondissement le : 27/06/2013
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.



Le Président de l'Université Paul Sabatier
par délégation,
Le vice-Président du CEVU

Arnaud LE PADELLEC

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANDERSSON L.

Subclinical ketosis in dairy cows

Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract., 1988, 4 : 233-251

CAMERON R.E.B., DYK P.B., HERDT T.H., KANEENE J.B., MILLER R., BUCHOLTZ H.F.,
LIESMAN J.S., VANDEHAAR M.J., EMERY R.S.

Dry cow diet, management, and energy balance as risk factors for displaced abomasum in high producing dairy herds

J. Dairy Sci., 1998, Vol. 81, No. 1

CHAPINAL N., CARSON M., DUFFIELD T.F., CAPEL M., GODDEN S., OVERTON M., SANTOS
J.E.P., LEBLANC S.J.

The association of serum metabolites with clinical disease during the transition period

J. Dairy Sci., 2011, 94 : 4897-4903

DOHOO I.R., MARTIN S.W.

Subclinical ketosis : prevalence and associations with production and disease

Can. J. Comp. Med., 1984, 48 : 1-5

DUBUC J., DUFFIELD T.F., LESLIE K.E, WALTON J.S., LEBLANC S.J.

Risk factors for postpartum uterine diseases in dairy cows

J. Dairy Sci., 2010, 93 : 5764-5771

DUBUC J., DUFFIELD T.F., LESLIE K.E, WALTON J.S., LEBLANC S.J.

Risk factors and effects of postpartum anovulation in dairy cows

J. Dairy Sci., 2012, 95 : 1845-1854

DUFFIELD T.F., KELTON D.F., LESLIE K.E., LISSEMORE K.D., LUMSDEN J.H.

Use of test day milk fat and milk protein to detect subclinical ketosis in dairy cattle in Ontario

Can. Vet. J., 1997, 38 : 713-718

DUFFIELD T.F.

Subclinical Ketosis in lactating dairy cattle

Vet. Clin. North Am. Food. Anim. Pract., 2000, 16(2) : 231-253

DUFFIELD T.F., LISSEMORE K.D., MCBRIDE B.W., LESLIE K.E.

Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production

J. Dairy Sci., 2009, 92 : 571-580

GEISHAUSER T., LESLIE K., DUFFIELD T.F., EDGE V.

Evaluation of aspartate transaminase activity and β -hydroxybutyrate concentration in blood as tests for prediction of left displaced abomasum in dairy cows

Am. J. Vet. Res., 1997a, 58 : 1216-1220

GEISHAUSER T., LESLIE K., DUFFIELD T.F., EDGE V.

An evaluation of milk ketone tests for the prediction of left displaced abomasum in dairy cows

J.Dairy Sci., 1997b, 80 : 3188-3192

GEISHAUSER T., LESLIE K., DUFFIELD T.F., SANDALS D., EDGE V.

The association between selected metabolic parameters and left abomasal displacement in dairy cow

J. Vet. Med., 1998, 45 : 499-511

GREENLAND S.

Model-based estimation of relative risks and other epidemiologic measures in studies of common outcomes and in case-control studies

American Journal of Epidemiology, 2004, Vol. 160, No. 4

HERMAN N.

Analyse de la composition du lait en France en 2005 et 2006 : caractéristiques des productions et estimation de la prévalence de l'acidose ruminale chronique et de la cétose subclinique à partir de l'étude des taux butyreux et protéiques

Thèse de doctorat vétérinaire, Ecole Vétérinaire de Toulouse, 2012, 157 p.

HOUGH R.L., MC CARTHY F.D., KENT H.D., EVERSOLE D.E., WAHLBERG M.L.

Influence of nutritional restriction during late gestation on production measures and passive immunity in beef cattle

J. Anim. Sci., 1990, 68 : 2622-2627

IWERSEN M., FALKENBERG U., VOIGTSBERGER R., FORDERUNG D., HEUWIESER W.

Evaluation of an electronic cowside test to detect subclinical ketosis in dairy cows

J. Dairy Sci., 2009, 92 : 2618-2624

KAUPPINEN K.

Prevalence of bovine ketosis in relation to number and stage of lactation

Acta. Vet. Scand., 1983, 24 : 349-361

KIM I.H., SUH G.H.

Effect of the amount of body condition loss from the dry to near calving periods on the subsequent body condition change, occurrence of postpartum diseases, metabolic parameters and reproductive performance in Holstein dairy cows

Theriogenology 60, 2003, 1445-1456

LEBLANC S.J., HERDT T.H., SEYMOUR W.M., DUFFIELD T.F., LESLIE K.E.

Peripartum serum vitamin E, retinol, and beta-carotene in dairy cattle and their associations with disease

J. Dairy Sci., 2004, 87:609–619

LEBLANC S.J., LESLIE K.E., DUFFIELD T.F.

Metabolic predictors of displaced abomasum in dairy cattle

J. Dairy Sci., 2005, 88:159–170

LEBLANC S.J.

Interactions of metabolism, inflammation, and reproductive tract health in the postpartum period in dairy cattle

Reprod. Dom. Anim., 2012, 47(Suppl. 5) : 18-30

LESLIE K.E., DUFFIELD T.F., SCHUKKEN Y.H., LEBLANC S.J.

The influence of negative energy balance on udder health

National Mastitis Council Regional Meeting Proceedings, 2000, Madison, p. 25-33

MC ART J.A.A., NYDAM D.V., OETZEL G.R.

Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle

J. Dairy Sci., 2012, 95 : 5056–5066

MICHAUX H.

Cétose de la vache laitière : dosage du béta-hydroxybutyrate dans le lait avec le lecteur Optimum Xceed®

Thèse de doctorat vétérinaire, Ecole Vétérinaire de Toulouse, 2008, 136 p.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT

Les indicateurs du revenu de l'agriculture prévisionnels pour 2012 : un revenu moyen historiquement élevé, mais très contrasté

Agreste Primeur, 2012a, No. 295

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT

Bilan conjoncturel 2012

Agreste Conjoncture, 2012b, No. 7

OETZEL G.R.

Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease

Vet. Clin. North Am. Food. Anim. Pract., 2004, 20(3) : 651-74

OSPINA P.A., NYDAM D.V., STOKOL T., OVERTON T.R.

Evaluation of nonesterified fatty acids and β -hydroxybutyrate in transition dairy cattle in the northeastern United States : Critical thresholds for prediction of clinical disease

J. Dairy Sci., 2010a, 93 : 546-554

OSPINA P. A., NYDAM D.V., STOKOL T., OVERTON T.R.

Association between the proportion of sampled transition cows with increased nonesterified fatty acids and β -hydroxybutyrate and disease incidence, pregnancy rate, and milk production at the herd level

J.Dairy Sci., 2010b, 93 : 3595–3601

OSPINA P. A., NYDAM D.V., STOKOL T., OVERTON T.R.

Associations of elevated nonesterified fatty acids and β -hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle in the northeastern United States

J. Dairy Sci., 2010c, 93 : 1596–1603

QUIROZ ROCHA G.F., LEBLANC S.J., DUFFIELD T.F., WOOD D., LESLIE K.E., JACOBS R.M.

Evaluation of prepartum serum cholesterol and fatty acids concentrations as predictors of postpartum retention of the placenta in dairy cows

J. Am. Vet. Med. Assoc., 2009, 234 : 790–793

ROBERTS T., CHAPINAL N., LEBLANC S.J., KELTON D.F., DUBUC J., DUFFIELD T.F.
Metabolic parameters in transition cows as indicators for early-lactation culling risk
J. Dairy Sci., 2012, 95 : 3057–3063

SEIFI H.A, LEBLANC S.J., LESLIE K.E., DUFFIELD T.F.
Metabolic predictors of post-partum disease and culling risk in dairy cattle
The Veterinary Journal, 2011, 188 : 216–220

SUTHAR V.S., CANELAS-RAPOSO J., DENIZ A., HEUWIESER W.
Prevalence of subclinical ketosis and relationships with postpartum diseases in European dairy cows
J. Dairy Sci., 2013, 96 :2925–2938

TROEGELER-MEYNADIER A.
Alimentation de la vache allaitante, cours de A5 approfondissement pathologie du bétail,
Ecole Vétérinaire de Toulouse, 2012

VAN STRATEN M., FRIGER M., SHPIGEL N.Y.
Events of elevated somatic cell counts in high-producing dairy cows are associated with daily body weight loss in early lactation
J. Dairy Sci., 2009, 92 : 4386–4394

VOYVODA H., ERDOGAN H.
Use of a hand-held meter for detecting subclinical ketosis in dairy cows
Research in Veterinary Science, 2010, 89 : 344–351

WACHOLDER S.
Binomial regression in glim : estimating risk ratios and risk difference
American Journal of Epidemiology, 1986, Vol. 123, No. 1

WALSH R.D., WALTON J. S., KELTON D.F., LEBLANC S.J., LESLIE K.E., DUFFIELD T.F.

The effect of subclinical ketosis in early lactation on reproductive performance of postpartum dairy cows

J. Dairy Sci., 2007, 90 : 2788-2796

ZOU G.

A modified poisson regression approach to prospective studies with binary data

American Journal of Epidemiology, 2003, Vol. 159, No. 7

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche de renseignements et tableaux mis à disposition des vétérinaires investigateurs

Beef French Ketosis Survey Data From

1 - EXPLOITATION

N° EDE :
Nom Eleveur : Commune : Tel :
Nom Investigateur : Commune : Tel :
Taille Troupeau : (nombre vaches à vèler/an) : Race : Charolaise Limousine Salers

Logement des vaches : Aire paillée intégrale (avec sans stalle d'auge) Nb :
(Si plusieurs logements préciser le nombre et considérer 2 troupeaux séparés) Aire paillée avec couloir d'exercice bétonné Nb :
 Stabulation entravée Nb :
 Autre : Nb :
Date sortie pâturage :

Alimentation POST-vêlage: Ration complète (mélangée)
 Ration ½ individuelle (autre)
 Ration ½ complète (base mélangée + concentrés individuels)
 Autre :

Stade :

Ration POST-vêlage: Fourrages..... : kg..... kg
(Si rations différentes selon Fourrages..... : kg..... kg
stades alors préciser stades ; Fourrages..... : kg..... kg
par défaut, 1 seule ration) Concentrés : kg..... kg
Concentrés : kg..... kg
Concentrés : kg..... kg
(Si cure d'OE ou autre AMV..... : g
préciser ici →) Autre : g
 Utilisation d'additifs pour prévention cétose : **SI OUI : ELEVAGE EXCLUS**

Alimentation PRE-vêlage: Ration complète (mélangée)
 Ration ½ individuelle (autre)
 Ration ½ complète (base mélangée + concentrés individuels)
 Autre :

Stade :

Ration PRE-vêlage: Fourrages..... : kg..... kg
(si rations différentes selon Fourrages..... : kg..... kg
stades, alors préciser stades Fourrages..... : kg..... kg
par défaut, 1 seule ration) Concentrés : kg..... kg
Concentrés : kg..... kg
Concentrés : kg..... kg
(cure d'OE ou autre AMV. : g
préciser ici →) Autre : g
 Utilisation d'additifs pour prévention cétose : **SI OUI : ELEVAGE EXCLUS**

CRITERES D'INCLUSIONS

Vaches en stabulation depuis au moins 1 mois ; pas d'épisode épidémique/endémique important sur le troupeau adulte depuis au moins 2 mois (type dysenterie d'hiver, épisode respiratoire sur adulte, etc.) ; une seule race par troupeau (si races principale et secondaire, prélever uniquement race principale)

Date Date Date
Signature investigateur Signature éleveur Validation ENVT

Beef French Ketosis Survey Data Form

COW

N° EDE :

Nom Eleveur :

Réponse : 0 : non - 1 : oui - X : donnée inconnue

| | Identification | Date MB | Prélèvements | | Heure de la dernière ration (1) | Rang de lactation | BHBA (mmol/L) | Date de troubles | Jumeaux | Vélage difficile | Césarienne | Rétention placentaire | Fièvre de lait | Métrite puerpérale | Autre métrite | Autre trouble Métabolique (2) | Autre trouble non métabolique (3) | Autre trouble de la reproduction | Sévérité (1 à 3) | Durée (en jour) | Commentaires (détails cliniques et thérapeutiques) | | |
|----|----------------|---------|--------------|-----------|---------------------------------|-------------------|---------------|------------------|---------|------------------|------------|-----------------------|----------------|--------------------|---------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------|-----------------|--|--|--|
| | | | Date | Heure (1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(1) : à 15 minutes près ; (2) : déplacement caillette, cétose clinique ; (3) : boiteries, troubles digestifs, mammites

**Beef French Ketosis
Survey Data Form**

CALF

N° EDE :
Nom Eleveur :

Réponse : 0 : non - 1 : oui - X : donnée inconnue

| | Identification des vaches | Identification des veaux (10 chiffres puis travail si même série) | Date des événements | Mort | Diarrhée | Omphalite | Arthrite | Trouble respiratoire | Entérotoxémie | Autres troubles digestifs | Autres troubles | Sévérité (1 à 3) | Durée (en jour) | Commentaires : Cause de la mort, détails cliniques et principaux traitements (sans posologie ; perfusion ou solutés oraux compris) |
|----|---------------------------|--|---------------------|------|----------|-----------|----------|----------------------|---------------|---------------------------|-----------------|------------------|-----------------|--|
| 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | |

Annexe 2 : Logement et alimentation

| Elevages | Logement hivernal | Alimentation hivernale | |
|----------|------------------------|---|--|
| | | Pré MB | Post MB |
| 1 | Stabulation entravée | Foin : 12kg, 1 ^{ère} coupe, déprimé | Foin : 12kg, 1 ^{ère} coupe, déprimé |
| 2 | | Foin : 6kg, 1 ^{ère} et 2 ^{ème} coupe Enrubanné : 6 kg | Foin : 6kg, 1 ^{ère} et 2 ^{ème} coupe Enrubanné : 6 kg |
| 3 | | Foin : 9kg | Foin : 4kg Enrubanné : 5kg AMV |
| 4 | | Foin : 10kg, 1 ^{ère} coupe OE : 1 mois avant la MB | Foin : 12kg, 1 ^{ère} coupe |
| 5 | | Foin : 12kg, 1 ^{ère} coupe | Foin : 12kg, 1 ^{ère} coupe |
| 6 | Aire paillée intégrale | Ensilage de maïs ou d'herbe (de mai à septembre) : 15kg Foin : 5/6kg Paille : 2/3 kg MAT: 1/1,5kg AMV (4,5/26/5) : 150g | Ensilage de maïs : 15kg Foin : 5/6kg Paille : 2/3 kg MAT : 1/1,5kg AMV (4,5/26/5) : 150g Maïs humide : 1kg, 2/3 semaines après la MB |
| 7 | | Ensilage de maïs : 7kg Maïs : 10kg Foin : 2kg Foin de luzerne : 1,5kg AMV (4/26/20) : 100g | Ensilage de maïs : 13kg Maïs : 10kg Foin : 2kg Foin de luzerne : 1,5kg AMV (4/26/20) : 100g Aliment complet : 0,5/1kg, le 2 ^{ème} mois suivant MB |
| 8 | | Ensilage d'herbe: 15kg Ensilage de maïs : 10kg Foin : à volonté, 1 ^{ère} coupe Foin : 1kg, 2 ^{ème} coupe | Ensilage d'herbe: 15kg Ensilage de maïs : 10kg Foin : à volonté, 1 ^{ère} coupe Foin : 1kg, 2 ^{ème} coupe (regain) Maïs + Avoine + Triticale : 1kg 38% MAT + Minéraux : 1 mois après la MB |
| 9 | | Ensilage de maïs : 15kg Foin : à volonté Farine de maïs : 2kg, primipares 34% MAT + AMV : 0,5/1kg | Ensilage de maïs : 15kg Foin : à volonté Farine de maïs : 2kg, primipares 34% MAT + AMV : 0,5/1kg |
| 10 | | Aire paillée intégrale avec | Foin : à volonté |
| 11 | parcours extérieur | Foin : à volonté | Foin : à volonté, prairie temporaire Farine de blé : 1,5 kg |
| 12 | | Foin : à volonté OE : bolus à la mise au pâturage | Foin : à volonté Farine de blé : 1 kg |
| 13 | Parcours extérieur | Foin : à volonté | Foin : à volonté |

Annexe 3 : Statistiques descriptives

3.1. Risque de troubles des vaches selon la race

| Régressions | Races | Coeff | SE | P | OR/ RR ¹ | IC 95% | IC 90% | Se | Sp | AIC |
|---------------------------------------|-------------|-----------|------|-------|------------------------|-----------|-----------|------|------|-------|
| Logistique avec effet aléatoire | Salers | Référence | | | | | | | | 209,6 |
| | Blonde d'A. | 1,39 | 0,44 | 0,002 | 4,0 | 1,7- 9,4 | 2,0-8,2 | 0,77 | 0,42 | |
| | Limousine | -0,30 | 0,63 | 0,629 | 0,74 | 0,21-2,53 | 0,26-2,08 | 0,12 | 0,71 | |
| Poisson avec effet aléatoire | Salers | Référence | | | | | | | | 147,2 |
| | Blonde d'A. | 1,22 | 0,41 | 0,003 | 3,4 | 1,5-7,6 | 1,72-6,69 | 0,77 | 0,42 | |
| | Limousine | -0,29 | 0,61 | 0,639 | 0,75 | 0,23-2,49 | 0,27-2,05 | 0,12 | 0,71 | |

1 : OR pour régression logistique et RR pour régression de Poisson

3.2. Risque de troubles des vaches selon la NEC

| Régressions | NEC | Coeff | SE | P | OR/RR ¹ | IC 95% | IC 90% | Se | Sp | AIC |
|---------------------------------------|-----|-----------|------|-------|--------------------|-----------|-----------|------|------|-------|
| Logistique avec effet aléatoire | <3 | Référence | | | | | | | | 216,8 |
| | ≥3 | -0,89 | 0,40 | 0,024 | 0,41 | 0,19-0,89 | 0,21-0,79 | 0,53 | 0,25 | |
| Poisson avec effet aléatoire | <3 | Référence | | | | | | | | 153,8 |
| | ≥3 | -0,80 | 0,36 | 0,026 | 0,45 | 0,22-0,91 | 0,25-0,81 | 0,53 | 0,25 | |

1 : OR pour régression logistique et RR pour régression de Poisson

3.3. Risque de troubles des veaux selon le délai mise-bas - prélèvement

| Régressions | Délai MB - prélèvement (semaines) | Coeff | SE | P | OR/R R ¹ | IC 95% | IC 90% | Se | Sp | AIC |
|---------------------------------------|---|-----------|------|-------|------------------------|----------|---------|------|------|-------|
| Logistique avec effet aléatoire | 1 | Référence | | | | | | | | 326,2 |
| | 2 | 0,72 | 0,42 | 0,085 | 2,0 | 0,9- 4,6 | 1,0-4,1 | 0,80 | 0,25 | |
| | 3 | 0,00 | 0,48 | 0,999 | 1,0 | 0,4-2,5 | 0,5-2,2 | 0,46 | 0,52 | |
| | 4 | 0,38 | 0,55 | 0,491 | 1,5 | 0,5-4,3 | 0,6-3,6 | 0,30 | 0,76 | |
| | >4 | 1,12 | 0,64 | 0,078 | 3,1 | 0,8-10,7 | 1,1-8,8 | 0,15 | 0,95 | |
| Poisson avec effet aléatoire | 1 | Référence | | | | | | | | 214,5 |
| | 2 | 0,48 | 0,35 | 0,171 | 1,6 | 0,8-3,2 | 0,9-2,9 | 0,80 | 0,25 | |
| | 3 | -0,04 | 0,42 | 0,920 | 1,0 | 0,4-2,2 | 0,5-1,9 | 0,46 | 0,52 | |
| | 4 | 0,22 | 0,46 | 0,630 | 1,3 | 0,5-3,1 | 0,3-2,1 | 0,30 | 0,76 | |
| | >4 | 0,71 | 0,49 | 0,145 | 2,0 | 0,8-5,3 | 0,9-4,5 | 0,15 | 0,95 | |

1 : OR pour régression logistique et RR pour régression de Poisson

3.4. Risques de troubles des veaux selon la race

| Régressions | Races | Coeff | SE | P | OR/ RR ¹ | IC 95% | IC 90% | Se | Sp | AIC |
|---------------------------------------|-------------|-----------|------|-------|------------------------|-----------|-----------|------|------|-------|
| Logistique avec effet aléatoire | Salers | Référence | | | | | | | | 321,8 |
| | Blonde d'A. | 0,29 | 0,58 | 0,609 | 1,3 | 0,4-4,1 | 0,5-3,5 | 0,54 | 0,39 | |
| | Limousine | -1,57 | 0,71 | 0,027 | 0,21 | 0,05-0,84 | 0,06-0,67 | 0,09 | 0,69 | |
| Poisson avec effet aléatoire | Salers | Référence | | | | | | | | 207,5 |
| | Blonde d'A. | 0,20 | 0,39 | 0,603 | 1,2 | 0,6-2,6 | 0,6-2,3 | 0,54 | 0,39 | |
| | Limousine | -1,27 | 0,55 | 0,022 | 0,28 | 0,10-0,83 | 0,11-0,70 | 0,09 | 0,69 | |

1 : OR pour régression logistique et RR pour régression de Poisson

3.5. Risque de P-[BHBA] élevée selon la race

| Régressions | Races | Seuils P-[BHBA] (mmol/L) | Coeff | SE | P | OR/ RR ¹ | IC 95% | IC 90% | Se | Sp | AIC |
|---------------------------------------|----------------|--------------------------------|-------|-------|-------|------------------------|-----------|-----------|------|-------|-------|
| | Salers | Référence | | | | | | | | | |
| Logistique avec effet aléatoire | Blonde d'A. | 0,5 | 2,72 | 0,66 | 0,000 | 15,2 | 4,2-55,4 | 5,1-45,0 | 0,92 | 0,53 | 320,5 |
| | | 0,6 | 3,18 | 0,74 | 0,000 | 24,0 | 5,7-101,3 | 7,1-80,4 | 0,96 | 0,51 | 287,2 |
| | | 0,7 | 3,71 | 1,13 | 0,000 | 41,0 | 4,5-371,7 | 6,4-260,8 | 0,98 | 0,46 | 218,0 |
| | | 0,8 | 3,02 | 1,21 | 0,012 | 20,6 | 1,9-218,9 | 2,8-149,7 | 0,95 | 0,43 | 139,1 |
| | Limousine | 0,5 | 2,57 | 0,67 | 0,000 | 13,1 | 3,5-48,9 | 4,3-39,5 | 0,41 | 0,79 | 320,5 |
| | | 0,6 | 3,18 | 0,75 | 0,000 | 24,1 | 5,6-103,9 | 7,1-82,1 | 0,44 | 0,78 | 287,2 |
| | | 0,7 | 3,37 | 1,14 | 0,003 | 29,0 | 3,1-270,8 | 4,5-189,2 | 0,38 | 0,75 | 218,0 |
| | | 0,8 | 2,06 | 1,27 | 0,105 | 7,8 | 0,6-94,6 | 1,0-63,4 | 0,25 | 0,73 | 139,1 |
| Poisson avec effet aléatoire | Salers | Référence | | | | | | | | | |
| | Blonde d'A. | 0,5 | 2,08 | 0,46 | 0,000 | 8,0 | 3,2-19,9 | 3,7-17,2 | 0,92 | 0,53 | 188,3 |
| | | 0,6 | 2,71 | 0,62 | 0,000 | 15,1 | 4,5-51,0 | 5,4-41,9 | 0,96 | 0,51 | 173,7 |
| | | 0,7 | 3,42 | 1,06 | 0,001 | 30,5 | 3,9-241,7 | 5,4-173,3 | 0,98 | 0,46 | 144,6 |
| | | 0,8 | 2,85 | 1,15 | 0,013 | 17,2 | 1,8-162,6 | 2,6-113,3 | 0,95 | 0,43 | 102,1 |
| | Limousine | 0,5 | 2,06 | 0,47 | 0,000 | 7,8 | 3,1-19,7 | 3,6-17,0 | 0,41 | 0,79 | 188,3 |
| | | 0,6 | 2,75 | 0,63 | 0,000 | 15,6 | 4,6-53,4 | 5,6-43,8 | 0,44 | 0,78 | 173,7 |
| | | 0,7 | 3,16 | 1,07 | 0,003 | 23,6 | 2,9-191,6 | 4,1-136,8 | 0,38 | 0,75 | 144,6 |
| 0,8 | | 2,00 | 1,21 | 0,099 | 7,4 | 0,7-78,6 | 1,0-53,7 | 0,25 | 0,73 | 102,1 | |

1 : OR pour régression logistique et RR pour régression de Poisson

| Régressions | Races | Seuils P-[BHBA] (mmol/L) | Coeff | SE | P | OR/ RR ¹ | IC 95% | IC 90% | Se | Sp | AIC |
|---------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------|------|-------|------------------------|-----------|-----------|------|------|-------|
| | Salers | Référence | | | | | | | | | |
| Logistique avec effet aléatoire | Blonde d'A. + Limousine | 0,5 | 2,65 | 0,6 | 0,000 | 14,2 | 4,4-45,9 | 5,3-38,0 | 0,92 | 0,53 | 318,6 |
| | | 0,6 | 3,18 | 0,7 | 0,000 | 24,0 | 6,1-94,8 | 7,6-76,1 | 0,96 | 0,51 | 285,2 |
| | | 0,7 | 3,56 | 1,11 | 0,001 | 35,2 | 4,0-309,7 | 5,7-218,3 | 0,98 | 0,46 | 216,5 |
| | | 0,8 | 2,66 | 1,24 | 0,030 | 14,3 | 1,3-162,5 | 1,9-110,0 | 0,95 | 0,43 | 138,8 |
| Poisson avec effet aléatoire | Salers | Référence | | | | | | | | | |
| | Blonde d'A. + Limousine | 0,5 | 2,07 | 0,44 | 0,000 | 7,9 | 3,3-18,8 | 3,8-16,3 | 0,92 | 0,53 | 186,3 |
| | | 0,6 | 2,73 | 0,61 | 0,000 | 15,3 | 4,6-50,7 | 5,6-41,8 | 0,96 | 0,51 | 171,8 |
| | | 0,7 | 3,31 | 1,05 | 0,002 | 27,4 | 3,5-214,4 | 4,9-154,0 | 0,98 | 0,46 | 143,0 |
| | | 0,8 | 2,53 | 1,18 | 0,030 | 12,6 | 1,2-126,8 | 1,8-87,5 | 0,95 | 0,43 | 101,7 |

1 : OR pour régression logistique et RR pour régression de Poisson ; les races Limousines et Blonde d'Aquitaine ont été regroupées dans une classe commune

3.6. Risque de P-[BHBA] élevée selon la NEC

| Régressions | NEC | Seuils P-[BHBA] (mmol/L) | Coeff | SE | P | OR/RR ¹ | IC 95% | IC 90% | Se | Sp | AIC |
|---------------------------------------|-----|--------------------------------|-------|-------|-------|--------------------|-----------|-----------|------|-------|-------|
| Logistique avec effet aléatoire | <3 | Référence | | | | | | | | | |
| | ≥3 | 0,5 | 0,16 | 0,34 | 0,628 | 1,2 | 0,6-2,3 | 0,7-2,0 | 0,68 | 0,26 | 331,2 |
| | | 0,6 | 0,21 | 0,35 | 0,558 | 1,2 | 0,6-2,5 | 0,7-2,2 | 0,67 | 0,26 | 301,5 |
| | | 0,7 | -0,13 | 0,40 | 0,743 | 0,88 | 0,40-1,93 | 0,45-1,70 | 0,62 | 0,26 | 232,1 |
| | 0,8 | -0,10 | 0,55 | 0,856 | 0,91 | 0,31-2,64 | 0,37-2,22 | 0,60 | 0,27 | 145,7 | |
| Poisson avec effet aléatoire | <3 | Référence | | | | | | | | | |
| | ≥3 | 0,5 | 0,06 | 0,25 | 0,795 | 1,1 | 0,7-1,7 | 0,7-1,6 | 0,68 | 0,26 | 201,9 |
| | | 0,6 | 0,10 | 0,28 | 0,706 | 1,1 | 0,6-1,9 | 0,7-1,7 | 0,67 | 0,26 | 191,1 |
| | | 0,7 | -0,12 | 0,35 | 0,733 | 0,89 | 0,44-1,77 | 0,50-1,58 | 0,62 | 0,26 | 159,8 |
| | | 0,8 | 0,11 | 0,51 | 0,852 | 0,90 | 0,33-2,43 | 0,39-2,07 | 0,60 | 0,27 | 108,8 |

1 : OR pour régression logistique et RR pour régression de Poisson

3.7. Risque de P-[BHBA] élevée selon la parité

| Régressions | Parité | Seuils P-[BHBA] (mmol/L) | Coeff | SE | P | OR/RR ¹ | IC 95% | IC 90% | Se | Sp | AIC |
|---------------------------------------|--------|--------------------------------|-------|------|-------|--------------------|----------|---------|------|------|-------|
| | 1 et 2 | Référence | | | | | | | | | |
| Logistique avec effet aléatoire | 3 à 6 | 0,5 | 0,48 | 0,39 | 0,218 | 1,6 | 0,8-3,5 | 0,9-3,1 | 0,79 | 0,77 | 330,8 |
| | | 0,6 | 0,53 | 0,42 | 0,203 | 1,7 | 0,7-3,9 | 0,9-3,4 | 0,39 | 0,76 | 301,0 |
| | | 0,7 | 0,67 | 0,50 | 0,179 | 2,0 | 0,7-5,3 | 0,9-4,5 | 0,39 | 0,75 | 231,5 |
| | | 0,8 | 0,91 | 0,67 | 0,177 | 2,5 | 0,7-9,2 | 0,8-7,5 | 0,30 | 0,73 | 145,5 |
| | >6 | 0,5 | 0,69 | 0,44 | 0,112 | 2,0 | 0,8-4,7 | 1,0-4,0 | 0,37 | 0,32 | 330,8 |
| | | 0,6 | 0,77 | 0,47 | 0,099 | 2,1 | 0,9-5,4 | 1,0-4,6 | 0,81 | 0,32 | 301,0 |
| | | 0,7 | 0,84 | 0,56 | 0,133 | 2,3 | 0,8-6,9 | 0,9-5,8 | 0,81 | 0,31 | 231,5 |
| | | 0,8 | 0,86 | 0,78 | 0,272 | 2,4 | 0,5-10,9 | 0,7-8,5 | 0,80 | 0,30 | 145,5 |
| Poisson avec effet aléatoire | 1 et 2 | Référence | | | | | | | | | |
| | 3 à 6 | 0,5 | 0,27 | 0,30 | 0,357 | 1,3 | 0,7-2,4 | 0,8-2,2 | 0,79 | 0,77 | 202,4 |
| | | 0,6 | 0,35 | 0,35 | 0,310 | 1,4 | 0,7-2,8 | 0,8-2,5 | 0,39 | 0,76 | 191,3 |
| | | 0,7 | 0,51 | 0,45 | 0,254 | 1,7 | 0,7-4,0 | 0,8-3,5 | 0,39 | 0,75 | 159,8 |
| | | 0,8 | 0,74 | 0,62 | 0,232 | 2,1 | 0,6-7,1 | 0,8-5,9 | 0,30 | 0,73 | 109,0 |
| | >6 | 0,5 | 0,39 | 0,33 | 0,231 | 1,5 | 0,7-2,8 | 0,9-2,5 | 0,37 | 0,32 | 202,4 |
| | | 0,6 | 0,50 | 0,38 | 0,186 | 1,6 | 0,7-3,4 | 0,9-3,1 | 0,81 | 0,32 | 191,3 |
| | | 0,7 | 0,65 | 0,49 | 0,187 | 1,9 | 0,7-5,0 | 0,9-4,3 | 0,81 | 0,31 | 159,8 |
| | | 0,8 | 0,72 | 0,73 | 0,320 | 2,1 | 0,5-9,0 | 0,6-6,8 | 0,80 | 0,30 | 109,0 |

1 : OR pour régression logistique et RR pour régression de Poisson

3.8. Risque de P-[BHBA] élevée selon le délai mise-bas - prélèvement

| Régressions | Délai MB - prélèvement (semaines) | Seuils P-[BHBA] (mmol/L) | Coeff | SE | P | OR/RR ¹ | IC 95% | IC 90% | Se | Sp | AIC |
|---------------------------------------|---|--------------------------------|-----------|---------|-------|--------------------|-----------|-----------|------|-------|-------|
| Logistique avec effet aléatoire | 1 | | Référence | | | | | | | | |
| | 2 | 0,5 | -0,32 | 0,37 | 0,384 | 0,72 | 0,35-1,50 | 0,39-1,33 | 0,66 | 0,19 | 336,5 |
| | | 0,6 | -0,20 | 0,38 | 0,599 | 0,82 | 0,39-1,71 | 0,44-1,52 | 0,65 | 0,20 | 306,9 |
| | | 0,7 | 0,23 | 0,45 | 0,616 | 1,25 | 0,52-3,02 | 0,60-2,62 | 0,71 | 0,22 | 235,8 |
| | | 0,8 | -0,56 | 0,607 | 0,361 | 0,57 | 0,17-1,89 | 0,21-1,56 | 0,60 | 0,22 | 149,4 |
| | 3 | 0,5 | -0,19 | 0,41 | 0,034 | 0,82 | 0,37-1,83 | 0,42-1,61 | 0,35 | 0,46 | 336,5 |
| | | 0,6 | -0,39 | 0,42 | 0,352 | 0,67 | 0,29-1,55 | 0,34-1,35 | 0,31 | 0,46 | 306,9 |
| | | 0,7 | 0,40 | 0,50 | 0,534 | 1,49 | 0,56-3,94 | 0,66-3,37 | 0,33 | 0,49 | 235,8 |
| | | 0,8 | -0,32 | 0,697 | 0,641 | 0,72 | 0,18-2,84 | 0,23-2,28 | 0,30 | 0,50 | 149,4 |
| | 4 | 0,5 | -0,01 | 0,56 | 0,989 | 0,99 | 0,33-2,98 | 0,39-2,50 | 0,12 | 0,69 | 336,5 |
| | | 0,6 | -0,20 | 0,63 | 0,751 | 0,82 | 0,24-2,80 | 0,29-2,30 | 0,10 | 0,69 | 306,9 |
| | | 0,7 | -0,13 | 0,79 | 0,868 | 0,88 | 0,18-4,15 | 0,24-3,24 | 0,07 | 0,71 | 235,8 |
| | | 0,8 | -0,42 | 0,986 | 0,667 | 0,65 | 0,09-4,52 | 0,13-3,31 | 0,10 | 0,73 | 149,4 |
| | >4 | 0,5 | 0,01 | 0,93 | 0,990 | 1,01 | 0,16-6,29 | 0,22-4,69 | 0,02 | 0,91 | 336,5 |
| | | 0,6 | -0,53 | 1,23 | 0,667 | 0,59 | 0,05-6,55 | 0,08-4,45 | 0,04 | 0,91 | 306,9 |
| | | 0,7 | -15,89 | 3089,00 | 0,996 | 0,00 | NA | NA | 0,00 | 0,92 | 235,8 |
| 0,8 | | -16,43 | 3777,80 | 0,997 | 0,00 | NA | NA | 0,00 | 0,92 | 149,4 | |
| Poisson avec effet aléatoire | 1 | | Référence | | | | | | | | |
| | 2 | 0,5 | -0,16 | 0,27 | 0,530 | 0,85 | 0,50-1,42 | 0,55-1,31 | 0,66 | 0,19 | 207,5 |
| | | 0,6 | -0,12 | 0,29 | 0,672 | 0,88 | 0,50-1,56 | 0,55-1,43 | 0,65 | 0,20 | 196,4 |
| | | 0,7 | 0,16 | 0,39 | 0,684 | 1,17 | 0,54-2,54 | 0,61-2,24 | 0,71 | 0,22 | 163,3 |
| | | 0,8 | -0,47 | 0,56 | 0,408 | 0,63 | 0,21-1,89 | 0,25-1,58 | 0,60 | 0,22 | 112,6 |
| | 3 | 0,5 | -0,11 | 0,29 | 0,703 | 0,89 | 0,50-1,59 | 0,55-1,45 | 0,35 | 0,46 | 207,5 |
| | | 0,6 | -0,26 | 0,34 | 0,447 | 0,77 | 0,40-1,50 | 0,44-1,35 | 0,31 | 0,46 | 196,4 |
| | | 0,7 | 0,21 | 0,44 | 0,632 | 1,23 | 0,52-2,91 | 0,60-2,54 | 0,33 | 0,49 | 163,3 |
| | | 0,8 | -0,30 | 0,66 | 0,646 | 0,74 | 0,20-2,69 | 0,25-2,19 | 0,30 | 0,50 | 112,6 |
| | 4 | 0,5 | -0,07 | 0,44 | 0,868 | 0,93 | 0,39-2,20 | 0,45-1,92 | 0,12 | 0,69 | 207,5 |
| | | 0,6 | -0,21 | 0,521 | 0,682 | 0,81 | 0,29-2,24 | 0,34-1,90 | 0,10 | 0,69 | 196,4 |
| | | 0,7 | -0,26 | 0,74 | 0,725 | 0,77 | 0,18-3,27 | 0,23-2,59 | 0,07 | 0,71 | 163,3 |
| | | 0,8 | -0,46 | 0,94 | 0,625 | 0,63 | 0,10-3,98 | 0,13-2,96 | 0,10 | 0,73 | 112,6 |
| | >4 | 0,5 | -0,16 | 0,84 | 0,853 | 0,86 | 0,16-4,44 | 0,21-3,41 | 0,02 | 0,91 | 207,5 |
| | | 0,6 | -0,62 | 1,34 | 0,594 | 0,54 | 0,04-7,42 | 0,06-4,87 | 0,04 | 0,91 | 196,4 |
| | | 0,7 | -16,46 | 3694,73 | 0,996 | 0,00 | NA | NA | 0,00 | 0,92 | 163,3 |
| 0,8 | | -16,05 | 3068,96 | 0,996 | 0,00 | NA | NA | 0,00 | 0,92 | 112,6 | |

1 : OR pour régression logistique et RR pour régression de Poisson

3.9. Risque de P-[BHBA] élevée selon l'intervalle dernier repas principal - heure de prélèvement

| Régressions | Intervalle dernier repas - heure de prélèvement | Seuils P-[BHBA] (mmol/L) | Coeff | SE | P | OR/RR ¹ | IC 95% | IC 90% | Se | Sp | AIC |
|---------------------------------------|--|--------------------------------|-----------|------|-------|--------------------|---------------|---------------|------|------|-------|
| Logistique avec effet aléatoire | <2h | | Référence | | | | | | | | |
| | ≥2h | 0,5 | 0,78 | 0,37 | 0,035 | 2,2 | 1,1-4,5 | 1,2-4,0 | 0,21 | 0,42 | 327,2 |
| | | 0,6 | 0,51 | 0,37 | 0,168 | 1,7 | 0,8-3,4 | 0,9-3,1 | 0,53 | 0,30 | 300,1 |
| | | 0,7 | 0,27 | 0,42 | 0,511 | 1,3 | 0,6-3,0 | 0,7-2,6 | 0,50 | 0,32 | 231,8 |
| | | 0,8 | -0,45 | 0,58 | 0,432 | 0,64 | 0,20- 1,97 | 0,25- 1,64 | 0,40 | 0,32 | 145,2 |
| Poisson avec effet aléatoire | <2h | | Référence | | | | | | | | |
| | ≥2h | 0,5 | 0,32 | 0,25 | 0,206 | 1,4 | 0,8-2,2 | 0,9-2,1 | 0,21 | 0,42 | 200,4 |
| | | 0,6 | 0,25 | 0,28 | 0,371 | 1,3 | 0,7-2,2 | 0,8-2,0 | 0,53 | 0,30 | 190,4 |
| | | 0,7 | 0,15 | 0,36 | 0,677 | 1,2 | 0,6-2,3 | 0,6-2,1 | 0,50 | 0,32 | 159,7 |
| | | 0,8 | -0,47 | 0,55 | 0,387 | 0,6 | 0,21- 1,82 | 0,25- 1,53 | 0,40 | 0,32 | 108,2 |
| Logistique avec effet aléatoire | <4h | | Référence | | | | | | | | |
| | ≥4h | 0,5 | 0,23 | 0,45 | 0,603 | 1,3 | 0,5-3,1 | 0,6-2,6 | 0,24 | 0,40 | 331,2 |
| | | 0,6 | 0,20 | 0,48 | 0,676 | 1,2 | 0,5-3,2 | 0,6-2,7 | 0,21 | 0,42 | 301,7 |
| | | 0,7 | 0,24 | 0,61 | 0,695 | 1,3 | 0,4-4,2 | 0,5-3,4 | 0,19 | 0,46 | 232,1 |
| | | 0,8 | -0,84 | 0,74 | 0,256 | 0,43 | 0,10- 1,84 | 0,13- 1,46 | 0,52 | 0,80 | 145,0 |
| Poisson avec effet aléatoire | <4h | | Référence | | | | | | | | |
| | ≥4h | 0,5 | -0,04 | 0,34 | 0,915 | 1,0 | 0,5-1,9 | 0,5-1,7 | 0,24 | 0,40 | 202,0 |
| | | 0,6 | -0,04 | 0,40 | 0,928 | 1,0 | 0,4-2,1 | 0,5-1,8 | 0,21 | 0,42 | 191,2 |
| | | 0,7 | -0,24 | 0,54 | 0,651 | 0,8 | 0,27- 2,26 | 0,32- 1,91 | 0,19 | 0,46 | 159,8 |
| | | 0,8 | -0,93 | 0,69 | 0,179 | 0,4 | 0,10- 1,52 | 0,13-1,23 | 0,52 | 0,80 | 107,7 |

1 : OR pour régression logistique et RR pour régression de Poisson

Annexe 4 : Concentrations plasmatiques en BHBA et troubles sanitaires des vaches

4.1. Risque pour une vache d'avoir eu au moins un trouble de santé si P-[BHBA] élevée

| Régression | Intervalle dernier repas - heure de prélèvement | Etat de santé des vaches | Seuils P-[BHBA] | Coeff | SE | P | OR/RR ¹ | IC 95% | IC 90% | Se | Sp | AIC |
|---------------------------------|---|--------------------------|-----------------|-------|-------|-------|--------------------|-----------|-----------|------|-------|-------|
| Logistique avec effet aléatoire | Aucune restriction | Sans trouble | Référence | | | | | | | | | |
| | | Au moins un trouble | 0,5 | -0,22 | 0,45 | 0,620 | 0,80 | 0,33-1,93 | 0,38-1,67 | 0,26 | 0,72 | 221,1 |
| | | | 0,6 | -0,24 | 0,48 | 0,615 | 0,79 | 0,30-2,00 | 0,36-1,73 | 0,21 | 0,78 | 221,1 |
| | | | 0,7 | 0,31 | 0,52 | 0,552 | 1,4 | 0,5-3,7 | 0,6-3,2 | 0,18 | 0,88 | 221,1 |
| | | 0,8 | 1,03 | 0,59 | 0,079 | 2,8 | 0,9-8,8 | 1,1-7,3 | 0,15 | 0,95 | 218,8 | |
| Poisson avec effet aléatoire | Aucune restriction | Sans trouble | Référence | | | | | | | | | |
| | | Au moins un trouble | 0,5 | -0,17 | 0,42 | 0,679 | 0,84 | 0,37-1,91 | 0,42-1,67 | 0,26 | 0,72 | 158,0 |
| | | | 0,6 | -0,19 | 0,45 | 0,675 | 0,83 | 0,34-2,00 | 0,40-1,74 | 0,21 | 0,78 | 158,0 |
| | | | 0,7 | 0,28 | 0,48 | 0,556 | 1,3 | 0,5-3,4 | 0,6-2,9 | 0,18 | 0,88 | 158,0 |
| | | 0,8 | 0,86 | 0,51 | 0,094 | 2,4 | 0,9-6,5 | 1,0-5,5 | 0,15 | 0,95 | 155,8 | |
| Logistique avec effet aléatoire | <4h | Sans trouble | Référence | | | | | | | | | |
| | | Au moins un trouble | 0,5 | -0,56 | 0,51 | 0,269 | 0,57 | 0,21-1,55 | 0,25-1,32 | 0,30 | 0,55 | 136,5 |
| | | | 0,6 | -0,44 | 0,53 | 0,408 | 0,65 | 0,23-1,82 | 0,27-1,54 | 0,26 | 0,64 | 137,0 |
| | | | 0,7 | 0,40 | 0,55 | 0,469 | 1,5 | 0,5-4,3 | 0,6-3,6 | 0,26 | 0,80 | 137,2 |
| | | 0,8 | 1,18 | 0,63 | 0,059 | 3,3 | 1,0-11,1 | 1,2-9,2 | 0,22 | 0,92 | 134,6 | |
| Poisson avec effet aléatoire | <4h | Sans trouble | Référence | | | | | | | | | |
| | | Au moins un trouble | 0,5 | -0,50 | 0,47 | 0,289 | 0,61 | 0,24-1,53 | 0,28-1,32 | 0,30 | 0,55 | 94,6 |
| | | | 0,6 | -0,38 | 0,49 | 0,435 | 0,68 | 0,26-1,78 | 0,31-1,53 | 0,26 | 0,64 | 95,2 |
| | | | 0,7 | 0,32 | 0,49 | 0,520 | 1,4 | 0,5-3,6 | 0,6-3,1 | 0,26 | 0,80 | 95,4 |
| | | 0,8 | 0,92 | 0,53 | 0,081 | 2,5 | 0,9-7,1 | 1,1-6,0 | 0,22 | 0,92 | 93,2 | |

1 : OR pour régression logistique et RR pour régression de Poisson

4.2. Risque pour une vache d'avoir eu un trouble de santé si P-[BHBA] élevée

| Régressions | Etat de santé des vaches | Seuils P-[BHBA] (mmol/L) | Coeff | SE | P | OR | IC 95% | IC 90% | Se | Sp | AIC | |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|---------|-------|-------------------|-----------|-----------|------|------|-------|------|
| Logistique avec effet aléatoire | Sans trouble | | Référence | | | | | | | | | |
| | Métrite puerpérale | 0,5 | 0,94 | 1,42 | 0,506 | 2,6 | 0,2-41,6 | 0,2-26,6 | 0,5 | 0,72 | 29,9 | |
| | | 0,6 | 1,28 | 1,42 | 0,370 | 3,6 | 0,2-58,0 | 0,3-37,1 | 0,5 | 0,78 | 29,6 | |
| | | 0,7 | 1,94 | 1,42 | 0,174 | 6,9 | 0,4-112,8 | 0,7-72,1 | 0,5 | 0,87 | 28,8 | |
| | | 0,8 | 2,78 | 1,43 | 0,053 | 16,1 | 1,0-267,6 | 1,5-170,4 | 0,5 | 0,42 | 27,4 | |
| | Rétention placentaire | 0,5 | 0,77 | 0,91 | 0,398 | 2,2 | 0,4-12,7 | 0,5-9,5 | 0,43 | 0,72 | 68,4 | |
| | | 0,6 | 1,01 | 0,90 | 0,263 | 2,7 | 0,5-15,9 | 0,6-12,0 | 0,43 | 0,78 | 67,9 | |
| | | 0,7 | 1,06 | 0,98 | 0,263 | 2,9 | 0,4-19,7 | 0,6-14,5 | 0,29 | 0,88 | 68,1 | |
| | | 0,8 | 2,32 | 1,12 | 0,283 | 10,2 | 1,1-91,1 | 1,6-64,1 | 0,29 | 0,94 | 65,2 | |
| | Gémellité | 0,5 | 1,26 | 0,77 | 0,104 | 3,5 | 0,7-16,0 | 1,0-12,6 | 0,57 | 0,73 | 71,0 | |
| | | 0,6 | 1,60 | 0,78 | 0,040 | 4,9 | 1,1-22,6 | 1,4-17,7 | 0,57 | 0,79 | 69,5 | |
| | | 0,7 | 2,29 | 0,78 | 0,003 | 9,9 | 2,1-45,9 | 2,7-35,9 | 0,57 | 0,88 | 65,7 | |
| | | 0,8 | 2,59 | 0,80 | 0,001 | 13,4 | 2,8-64,5 | 3,6-50,1 | 0,43 | 0,95 | 65,6 | |
| | Dystocie | 0,5 | -1,94 | 1,14 | 0,090 | 0,14 | 0,02-1,35 | 0,02-0,94 | 0,83 | 0,71 | 104,1 | |
| | | 0,6 | -1,50 | 1,13 | 0,184 | 0,22 | 0,02-2,04 | 0,04-1,43 | 0,83 | 0,77 | 106,1 | |
| | | 0,7 | -0,72 | 1,12 | 0,517 | 0,48 | 0,05-4,34 | 0,08-3,05 | 0,83 | 0,87 | 108,1 | |
| | | 0,8 | 0,21 | 1,12 | 0,854 | 1,2 | 0,1-11,0 | 0,2-7,7 | 0,83 | 0,40 | 108,6 | |
| | Césarienne | 0,5 | -0,68 | 1,29 | 0,601 | 0,51 | 0,04-6,39 | 0,06-4,26 | 0,25 | 0,72 | 45,0 | |
| | | 0,6 | -16,43 | 2436,70 | 0,995 | Calcul impossible | | | | 0,00 | 0,78 | 41,9 |
| | | 0,7 | -16,31 | 3064,06 | 0,996 | Calcul impossible | | | | 0,00 | 0,87 | 43,2 |
| | | 0,8 | -15,24 | 2023,67 | 0,994 | Calcul impossible | | | | 0,00 | 0,94 | 43,7 |

| Régressions | Etat de santé des vaches | Seuils P-[BHBA] (mmol/L) | Coeff | SE | P | RR | IC 95% | IC 90% | Se | Sp | AIC | |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------|---------|-------|-------------------|-----------|-----------|------|------|------|------|
| Poisson avec effet aléatoire | Sans trouble | Référence | | | | | | | | | | |
| | Métrite puerpérale | 0,5 | 0,94 | 1,41 | 0,507 | 2,6 | 0,2-40,8 | 0,2-26,2 | 0,5 | 0,72 | 26,0 | |
| | | 0,6 | 1,27 | 1,41 | 0,371 | 3,5 | 0,2-56,6 | 0,3-36,3 | 0,5 | 0,78 | 26,0 | |
| | | 0,7 | 1,92 | 1,41 | 0,176 | 6,8 | 0,4-108,5 | 0,7-69,5 | 0,5 | 0,87 | 24,8 | |
| | | 0,8 | 2,73 | 1,41 | 0,054 | 15,3 | 1,0-245,3 | 1,5-157,1 | 0,5 | 0,42 | 23,4 | |
| | Rétention placentaire | 0,5 | 0,70 | 0,87 | 0,420 | 2,0 | 0,4-11,1 | 0,5-8,4 | 0,43 | 0,72 | 55,0 | |
| | | 0,6 | 0,91 | 0,86 | 0,285 | 2,5 | 0,5-13,5 | 0,6-10,3 | 0,43 | 0,78 | 54,6 | |
| | | 0,7 | 0,95 | 0,94 | 0,308 | 2,6 | 0,4-16,2 | 0,6-12,1 | 0,29 | 0,88 | 54,7 | |
| | | 0,8 | 1,96 | 0,97 | 0,436 | 7,1 | 1,0-47,2 | 1,4-34,8 | 0,29 | 0,94 | 52,2 | |
| | Gémellité | 0,5 | 1,23 | 0,76 | 0,109 | 3,4 | 0,8-15,2 | 1,0-12,0 | 0,57 | 0,73 | 57,3 | |
| | | 0,6 | 1,55 | 0,76 | 0,042 | 4,7 | 1,1-21,1 | 1,3-16,6 | 0,57 | 0,79 | 67,1 | |
| | | 0,7 | 2,20 | 0,76 | 0,004 | 9,1 | 2,0-40,5 | 2,6-31,8 | 0,57 | 0,88 | 52,1 | |
| | | 0,8 | 2,44 | 0,76 | 0,005 | 11,5 | 2,6-51,4 | 3,3-40,4 | 0,43 | 0,95 | 52,1 | |
| | Dystocie | 0,5 | -1,82 | 1,12 | 0,106 | 0,16 | 0,02-1,47 | 0,03-1,03 | 0,83 | 0,71 | 81,1 | |
| | | 0,6 | -1,41 | 1,11 | 0,205 | 0,24 | 0,03-2,16 | 0,04-1,52 | 0,83 | 0,77 | 82,8 | |
| | | 0,7 | -0,67 | 1,10 | 0,543 | 0,51 | 0,06-4,42 | 0,08-3,13 | 0,83 | 0,87 | 84,7 | |
| | | 0,8 | 0,22 | 1,09 | 0,839 | 1,2 | 0,1-4,4 | 0,2-7,5 | 0,83 | 0,40 | 85,1 | |
| | Césarienne | 0,5 | -0,61 | 1,25 | 0,628 | 0,54 | 0,05-6,34 | 0,07-4,27 | 0,25 | 0,72 | 37,5 | |
| | | 0,6 | -17,15 | 3764,14 | 0,996 | Calcul impossible | | | | 0,00 | 0,78 | 34,6 |
| | | 0,7 | -16,04 | 2836,79 | 0,995 | | | | | 0,00 | 0,87 | 35,7 |
| | | 0,8 | -14,96 | 1869,53 | 0,993 | | | | | 0,00 | 0,94 | 36,2 |

4.3. Risque pour une vache d'avoir eu un trouble de santé si P-[BHBA] élevée, par association de troubles de santé

| Régressions | Etat de santé des vaches | Seuils P-[BHBA] (mmol/L) | Coeff | SE | P | OR | IC 95% | IC 90% | Se | Sp | AIC |
|---------------------------------|---|--------------------------|-----------|-------|-------|-------|-----------|-----------|------|------|-------|
| Logistique avec effet aléatoire | Sans trouble | | Référence | | | | | | | | |
| | Césarienne et/ou dystocie et/ou gémellité et/ou rétention placentaire | 0,5 | -0,23 | 0,49 | 0,643 | 0,80 | 0,30-2,08 | 0,35-1,79 | 0,30 | 0,72 | 182,3 |
| | | 0,6 | -0,10 | 0,51 | 0,857 | 0,91 | 0,34-2,46 | 0,40-2,10 | 0,26 | 0,78 | 182,5 |
| | | 0,7 | 0,46 | 0,54 | 0,395 | 1,6 | 0,5-4,6 | 0,6-3,9 | 0,22 | 0,88 | 181,8 |
| | | 0,8 | 1,17 | 0,63 | 0,062 | 3,2 | 0,9-10,9 | 1,1-9,0 | 0,19 | 0,95 | 179,4 |
| | Métrite puerpérale et/ou rétention placentaire | 0,5 | 0,81 | 0,77 | 0,295 | 2,2 | 0,5-10,2 | 0,6-8,0 | 0,44 | 0,72 | 85,6 |
| | | 0,6 | 1,12 | 0,77 | 0,144 | 3,1 | 0,7-13,7 | 0,9-10,8 | 0,44 | 0,79 | 84,6 |
| | | 0,7 | 1,32 | 0,81 | 0,102 | 3,7 | 0,8-18,3 | 1,0-14,1 | 0,33 | 0,88 | 84,3 |
| | | 0,8 | 2,52 | 0,88 | 0,004 | 12,4 | 2,2-69,2 | 2,9-52,5 | 0,33 | 0,95 | 79,8 |
| | Césarienne et/ou dystocie | 0,5 | -1,66 | 0,83 | 0,046 | 0,19 | 0,04-0,97 | 0,05-0,75 | 0,13 | 0,71 | 124,5 |
| | | 0,6 | -2,10 | 1,107 | 0,058 | 0,12 | 0,01-1,07 | 0,02-0,75 | 0,06 | 0,77 | 123,7 |
| | | 0,7 | -1,36 | 1,108 | 0,218 | 0,26 | 0,03-2,24 | 0,04-1,58 | 0,06 | 0,87 | 127,7 |
| | | 0,8 | -0,62 | 1,134 | 0,582 | 0,534 | 0,06-4,95 | 0,08-3,46 | 0,06 | 0,94 | 129,4 |
| | Césarienne et/ou dystocie et/ou rétention placentaire | 0,5 | -0,67 | 0,58 | 0,250 | 0,51 | 0,16-1,60 | 0,20-1,33 | 0,24 | 0,72 | 151,3 |
| | | 0,6 | -0,67 | 0,62 | 0,281 | 0,51 | 0,15-1,73 | 0,18-1,42 | 0,19 | 0,78 | 151,5 |
| | | 0,7 | -0,32 | 0,70 | 0,649 | 0,73 | 0,19-2,85 | 0,23-2,29 | 0,14 | 0,87 | 152,5 |
| | | 0,8 | 0,58 | 0,74 | 0,435 | 1,79 | 0,4-7,7 | 0,5-6,1 | 0,14 | 0,94 | 152,2 |
| | Dystocie et/ou rétention placentaire | 0,5 | -0,57 | 0,64 | 0,373 | 0,56 | 0,16-1,99 | 0,20-1,62 | 0,24 | 0,72 | 133,8 |
| | | 0,6 | 1,02 | 0,64 | 0,728 | 2,8 | 0,8-0,6 | 1,0-7,9 | 0,24 | 0,78 | 134,5 |
| | | 0,7 | 0,12 | 0,71 | 0,867 | 1,1 | 0,3-4,5 | 0,4-3,6 | 0,18 | 0,87 | 134,6 |
| | | 0,8 | 1,15 | 0,75 | 0,127 | 3,2 | 0,7-13,8 | 0,9-10,9 | 0,18 | 0,95 | 132,6 |
| | Dystocie et/ou gémellité | 0,5 | -0,32 | 0,59 | 0,583 | 0,73 | 0,23-2,28 | 0,28-1,90 | 0,26 | 0,72 | 148,9 |
| | | 0,6 | 0,07 | 0,58 | 0,901 | 1,1 | 0,3-3,3 | 0,4-2,8 | 0,26 | 0,78 | 149,2 |
| | | 0,7 | 0,85 | 0,59 | 0,146 | 2,3 | 0,7-7,4 | 0,9-6,1 | 0,26 | 0,88 | 147,3 |
| | | 0,8 | 1,51 | 0,66 | 0,022 | 4,5 | 1,2-16,4 | 1,5-13,3 | 0,21 | 0,95 | 144,9 |

| Régressions | Etat de santé des vaches | Seuils P-[BHBA] (mmol/L) | Coeff | SE | P | RR | IC 95% | IC 90% | Se | Sp | AIC |
|------------------------------|---|--------------------------|-------|-------|-------|------|-----------|-----------|------|------|-------|
| Poisson avec effet aléatoire | Sans trouble | Référence | | | | | | | | | |
| | Césarienne et/ou dystocie et/ou gémellité et/ou rétention placentaire | 0,5 | -0,17 | 0,46 | 0,709 | 0,84 | 0,34-2,07 | 0,40-1,79 | 0,30 | 0,72 | 132,8 |
| | | 0,6 | -0,06 | 0,47 | 0,906 | 0,95 | 0,38-2,38 | 0,44-2,05 | 0,26 | 0,78 | 132,9 |
| | | 0,7 | 0,40 | 0,50 | 0,421 | 1,5 | 0,56-3,95 | 0,7-3,4 | 0,22 | 0,88 | 132,3 |
| | | 0,8 | 0,94 | 0,55 | 0,086 | 2,6 | 0,87-7,51 | 1,0-6,3 | 0,19 | 0,95 | 139,4 |
| | Métrite puerpérale et/ou rétention placentaire | 0,5 | 0,76 | 0,75 | 0,312 | 2,1 | 0,5-9,3 | 0,6-7,4 | 0,44 | 0,72 | 68,1 |
| | | 0,6 | 1,05 | 0,74 | 0,159 | 2,9 | 0,7-12,3 | 0,8-9,7 | 0,44 | 0,79 | 67,2 |
| | | 0,7 | 1,22 | 0,78 | 0,116 | 3,4 | 0,7-15,7 | 0,9-12,2 | 0,33 | 0,88 | 66,9 |
| | | 0,8 | 2,18 | 0,80 | 0,006 | 8,9 | 1,9-42,3 | 2,4-32,9 | 0,33 | 0,95 | 62,9 |
| | Césarienne et/ou dystocie | 0,5 | -1,48 | 0,806 | 0,066 | 0,23 | 0,05-1,10 | 0,06-0,86 | 0,13 | 0,71 | 94,7 |
| | | 0,6 | -1,92 | 1,08 | 0,076 | 0,15 | 0,02-1,22 | 0,02-0,87 | 0,06 | 0,77 | 93,9 |
| | | 0,7 | -1,23 | 1,08 | 0,256 | 0,29 | 0,04-2,44 | 0,05-1,73 | 0,06 | 0,87 | 97,5 |
| | | 0,8 | -0,53 | 1,10 | 0,630 | 0,59 | 0,07-5,05 | 0,10-3,58 | 0,06 | 0,94 | 99,1 |
| | Césarienne et/ou dystocie et/ou rétention placentaire | 0,5 | -0,56 | 0,55 | 0,312 | 0,57 | 0,19-1,69 | 0,23-1,42 | 0,24 | 0,72 | 112,6 |
| | | 0,6 | -0,56 | 0,59 | 0,343 | 0,57 | 0,18-1,82 | 0,22-1,51 | 0,19 | 0,78 | 112,7 |
| | | 0,7 | -0,25 | 0,66 | 0,701 | 0,78 | 0,21-2,83 | 0,26-2,30 | 0,14 | 0,87 | 113,6 |
| | | 0,8 | 0,51 | 0,69 | 0,460 | 1,66 | 0,4-6,4 | 0,5-5,1 | 0,14 | 0,94 | 113,2 |
| | Dystocie et/ou rétention placentaire | 0,5 | -0,50 | 0,62 | 0,424 | 0,6 | 0,18-2,06 | 0,22-1,69 | 0,24 | 0,72 | 101,7 |
| | | 0,6 | -0,18 | 0,62 | 0,772 | 0,8 | 0,25-2,79 | 0,30-2,30 | 0,24 | 0,78 | 102,3 |
| | | 0,7 | 0,13 | 0,68 | 0,852 | 1,1 | 0,3-4,3 | 0,4-3,5 | 0,18 | 0,87 | 102,4 |
| | | 0,8 | 1,01 | 0,70 | 0,148 | 2,7 | 0,7-10,8 | 0,8-8,7 | 0,18 | 0,95 | 100,6 |
| | Dystocie et/ou gémellité | 0,5 | -0,27 | 0,57 | 0,631 | 0,76 | 0,25-2,31 | 0,30-1,93 | 0,26 | 0,72 | 112,6 |
| | | 0,6 | 0,09 | 0,56 | 0,877 | 1,1 | 0,4-3,2 | 0,4-2,7 | 0,26 | 0,78 | 112,8 |
| | | 0,7 | 0,79 | 0,55 | 0,158 | 2,2 | 0,7-6,5 | 0,9-5,5 | 0,26 | 0,88 | 111,0 |
| | | 0,8 | 1,32 | 0,60 | 0,028 | 3,8 | 1,2-12,2 | 1,4-10,1 | 0,21 | 0,95 | 108,9 |

Annexe 5 : Concentrations plasmatiques en BHBA des mères et troubles sanitaires des veaux

5.1. Risque pour un veau d'avoir eu au moins un trouble de santé si P-[BHBA] de sa mère élevée

| Régressions | Intervalle dernier repas - heure de prélèvement | Etat de santé des veaux | Seuils P-[BHBA] (mmol/L) | Coeff | SE | P | OR/RR ¹ | IC 95% | IC 90% | Se | Sp | AIC |
|---------------------------------|---|-------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|--------------------|----------|----------|------|-------|-------|
| Logistique avec effet aléatoire | Aucune restriction | Sans trouble | Référence | | | | | | | | | |
| | | Au moins un trouble | 0,5 | 0,61 | 0,36 | 0,092 | 1,8 | 1,0-3,7 | 1,0-3,3 | 0,32 | 0,72 | 323,6 |
| | | | 0,6 | 1,12 | 0,37 | 0,072 | 3,1 | 1,5-6,4 | 1,7-5,7 | 0,28 | 0,78 | 323,2 |
| | | | 0,7 | 0,18 | 0,43 | 0,681 | 1,2 | 0,5-2,8 | 0,6-2,4 | 0,14 | 0,86 | 326,2 |
| | | 0,8 | 0,34 | 0,54 | 0,535 | 1,4 | 0,5-4,1 | 0,6-3,4 | 0,09 | 0,94 | 326,0 | |
| Poisson avec effet aléatoire | | Sans trouble | Référence | | | | | | | | | |
| | | Au moins un trouble | 0,5 | 0,40 | 0,30 | 0,183 | 1,5 | 0,8-2,7 | 0,9-2,4 | 0,32 | 0,72 | 211,1 |
| | | | 0,6 | 0,44 | 0,30 | 0,145 | 1,6 | 0,9-2,8 | 0,9-2,6 | 0,28 | 0,78 | 210,8 |
| | | | 0,7 | 0,13 | 0,37 | 0,724 | 1,1 | 0,6-2,4 | 0,6-2,1 | 0,14 | 0,86 | 212,7 |
| | | 0,8 | 0,26 | 0,46 | 0,573 | 1,3 | 0,5-3,2 | 0,6-2,8 | 0,09 | 0,94 | 212,5 | |
| Logistique avec effet aléatoire | ≥ 4h | Sans trouble | Référence | | | | | | | | | |
| | | Au moins un trouble | 0,5 | 1,49 | 0,72 | 0,111 | 4,4 | 1,1-18,1 | 1,4-14,5 | 0,15 | 0,87 | 156,2 |
| | | | 0,6 | 1,69 | 0,89 | 0,058 | 5,4 | 0,9-31,2 | 1,2-23,6 | 0,12 | 0,92 | 155,3 |
| | | | 0,7 | 0,36 | 1,25 | 0,772 | 1,4 | 0,1-16,7 | 0,2-11,3 | 0,03 | 0,95 | 158,4 |
| | | 0,8 | 1,17 | 1,30 | 0,370 | 3,2 | 0,2-41,4 | 0,4-27,5 | 0,03 | 0,98 | 157,8 | |
| Poisson avec effet aléatoire | | Sans trouble | Référence | | | | | | | | | |
| | | Au moins un trouble | 0,5 | 0,60 | 0,54 | 0,266 | 1,82 | 0,6-5,2 | 0,8-4,4 | 0,15 | 0,87 | 104,0 |
| | | | 0,6 | 0,77 | 0,60 | 0,192 | 2,16 | 0,7-6,9 | 0,8-5,7 | 0,12 | 0,92 | 103,6 |
| | | | 0,7 | 0,10 | 1,12 | 0,931 | 1,10 | 0,1-10,0 | 0,2-7,0 | 0,03 | 0,95 | 105,1 |
| | | 0,8 | 0,74 | 1,09 | 0,498 | 2,09 | 0,2-17,6 | 0,3-12,5 | 0,03 | 0,98 | 104,7 | |

1 : OR pour régression logistique et RR pour régression de Poisson

5.2. Risque pour un veau d'avoir eu un trouble de santé si P-[BHBA] de sa mère élevée

| Régressions | Etat de santé des veaux | Seuils P-[BHBA] (mmol/L) | Coeff | SE | P | OR/RR ¹ | IC 95% | IC 90% | Se | Sp | AIC | |
|---------------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------|-----------|-------|--------------------|----------|----------|---------|------|-------|-------|
| Logistique avec effet aléatoire | Sans trouble | | Référence | | | | | | | | | |
| | Diarrhée néonatale | 0,5 | 0,81 | 0,39 | 0,039 | 2,3 | 1,0-4,9 | 1,2-4,3 | 0,38 | 0,73 | 265,3 | |
| | | 0,6 | 0,75 | 0,40 | 0,062 | 2,1 | 1,0-4,6 | 1,1-4,1 | 0,32 | 0,79 | 266,1 | |
| | | 0,7 | 0,08 | 0,48 | 0,877 | 1,1 | 0,4-2,8 | 0,5-2,4 | 0,15 | 0,86 | 269,4 | |
| | | 0,8 | 0,50 | 0,58 | 0,386 | 1,6 | 0,5-5,1 | 0,6-4,2 | 0,11 | 0,94 | 268,7 | |
| | Mortalité | 0,5 | 0,62 | 0,67 | 0,353 | 1,9 | 0,5-6,9 | 0,6-5,6 | 0,42 | 0,72 | 106,5 | |
| | | 0,6 | 0,92 | 0,67 | 0,165 | 2,5 | 0,7-9,3 | 0,8-7,5 | 0,42 | 0,78 | 105,5 | |
| | | 0,7 | 1,19 | 0,70 | 0,090 | 3,3 | 0,8-12,9 | 1,0-10,4 | 0,33 | 0,87 | 104,7 | |
| | | 0,8 | 0,95 | 0,88 | 0,284 | 2,6 | 0,5-14,6 | 0,6-11,0 | 0,17 | 0,93 | 106,4 | |
| | Poisson avec effet aléatoire | Sans trouble | | Référence | | | | | | | | |
| | | Diarrhée néonatale | 0,5 | 0,62 | 0,34 | 0,071 | 1,9 | 0,9-3,7 | 1,1-3,3 | 0,38 | 0,73 | 182,3 |
| | | | 0,6 | 0,58 | 0,35 | 0,099 | 1,8 | 0,9-3,6 | 1,0-3,2 | 0,32 | 0,79 | 182,9 |
| 0,7 | | | 0,07 | 0,44 | 0,867 | 1,1 | 0,5-2,6 | 0,5-2,2 | 0,15 | 0,86 | 185,5 | |
| 0,8 | | | 0,42 | 0,51 | 0,416 | 1,5 | 0,6-4,1 | 0,7-3,5 | 0,11 | 0,94 | 184,9 | |
| Mortalité | | 0,5 | 0,58 | 0,65 | 0,373 | 1,8 | 0,5-6,4 | 0,6-5,2 | 0,42 | 0,72 | 83,3 | |
| | | 0,6 | 0,86 | 0,65 | 0,183 | 2,4 | 0,7-8,4 | 0,8-6,8 | 0,42 | 0,78 | 82,4 | |
| | | 0,7 | 1,09 | 0,67 | 0,104 | 3,0 | 0,8-11,1 | 1,0-9,0 | 0,33 | 0,87 | 81,7 | |
| | | 0,8 | 0,88 | 0,85 | 0,302 | 2,4 | 0,5-12,7 | 0,6-9,7 | 0,17 | 0,93 | 83,2 | |

1 : OR pour régression logistique et RR pour régression de Poisson

5.3. Risque pour un veau d'avoir eu une diarrhée néonatale si P-[BHBA] de sa mère élevée, pour les couples mère - veau dont la mère a eu au moins un trouble dans les 15 jours autour du prélèvement

| Régressions | Etat de santé des veaux | Seuils P-[BHBA] (mmol/L) | Coeff | SE | P | OR/RR ¹ | IC 95% | IC 90% | Se | Sp | AIC |
|---------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|-------|-------|--------------------|----------|----------|------|------|------|
| Logistique avec effet aléatoire | Sans trouble | | Référence | | | | | | | | |
| | Diarrhée néonatale | 0,5 | 0,97 | 0,92 | 0,292 | 2,6 | 0,4-15,8 | 0,6-11,8 | 0,50 | 0,72 | 37,0 |
| | | 0,6 | 1,15 | 0,93 | 0,216 | 3,1 | 0,5-19,2 | 0,7-14,4 | 0,50 | 0,76 | 36,6 |
| | | 0,7 | 1,34 | 0,94 | 0,151 | 3,8 | 0,6-24,0 | 0,8-17,9 | 0,50 | 0,79 | 36,1 |
| | | 0,8 | 1,83 | 0,98 | 0,061 | 6,3 | 0,9-42,5 | 1,3-31,2 | 0,50 | 0,86 | 34,6 |
| Poisson avec effet aléatoire | Sans trouble | | Référence | | | | | | | | |
| | Diarrhée néonatale | 0,5 | 0,78 | 0,82 | 0,339 | 2,2 | 0,4-10,8 | 0,6-8,4 | 0,50 | 0,72 | 26,3 |
| | | 0,6 | 0,92 | 0,81 | 0,262 | 2,5 | 0,5-12,4 | 0,7-9,6 | 0,50 | 0,76 | 25,9 |
| | | 0,7 | 1,06 | 0,82 | 0,194 | 2,9 | 0,6-14,3 | 0,8-11,1 | 0,50 | 0,79 | 25,5 |
| | | 0,8 | 1,386 | 0,817 | 0,090 | 4,0 | 0,8-19,8 | 1,0-15,3 | 0,50 | 0,86 | 24,5 |

1 : OR pour régression logistique et RR pour régression de Poisson

NOM : EGAL

PRENOM : Marine Mathilde

TITRE : Cétose subclinique en élevage allaitant : prévalence et impact sanitaire

RESUME : De nombreuses études menées chez la vache laitière décrivent l'épidémiologie de l'hypercétonémie dont son incidence croissante et l'importance de ses impacts sanitaires et économiques. A ce jour, l'existence de cétose subclinique chez les bovins allaitants reste mal documentée. Pourtant, leur amaigrissement, important parfois, observé en début de lactation amène à s'intéresser à ce trouble. L'objectif de cette étude est de définir la prévalence de l'hypercétonémie chez la vache allaitante et d'analyser l'association entre hypercétonémie de la vache et troubles sanitaires de la vache et du veau.

327 vaches allaitantes de 13 élevages commerciaux ont été incluses. La concentration plasmatique *postpartum* en bêtahydroxybutyrate (P-[BHBA]) a été mesurée et l'ensemble des données sanitaires concernant le couple mère-veau a été recueilli. Le diagnostic d'hypercétonémie a été établi à partir des associations reliant P-[BHBA] \geq 0,5, 0,6, 0,7 ou 0,8mmol/L et les troubles *postpartum*. Les vaches avec P-[BHBA] \geq 0,8mmol/L ont un risque relatif de 15, 11 et 6 d'avoir eu respectivement une métrite puerpérale, une gémellité et une rétention placentaire, comparées aux vaches avec P-[BHBA] $<$ 0,8mmol/L. Les veaux des mères avec P-[BHBA] \geq 0,5 ou 0,6mmol/L ont un risque relatif de 1,9 ou 1,8 d'avoir une diarrhée comparés aux veaux des mères avec P-[BHBA] $<$ 0,5 ou 0,6mmol/L. Les associations pour les autres seuils ne sont pas significatives. En retenant le seuil de 0,8mmol/L pour P-[BHBA], la prévalence de l'hypercétonémie en élevage allaitant serait de 6,1%. Ces résultats montrent l'importance de l'hypercétonémie des vaches allaitantes pour le couple mère-veau.

MOTS-CLES : Cétose subclinique, vaches allaitantes, prévalence, veaux, impact sanitaire

TITLE: Subclinical ketosis in beef cattle: prevalence and health impact

ABSTRACT: Many studies carried out on dairy cows describe the epidemiology of hyperketonemia, its increasing incidence and the importance of its health and economic impacts. To date, the existence of subclinical ketosis in beef cattle remains little documented. Nevertheless, the significant loss of weight sometimes observed at the beginning of lactation led to interest in this disorder. The goal of this study is to define the prevalence of hyperketonemia in beef cattle and to describe the association between hyperketonemia in the cow and health problems in cows and their calves.

327 cows of 13 commercial breeds were included. The *postpartum* plasma concentration of beta-hydroxybutyrate (P-[BHBA]) was measured and all health data concerning the cow-calf pair was collected. The diagnosis of hyperketonemia was based on associations between P-[BHBA] \geq 0,5, 0,6, 0,7 or 0,8mmol/L and *postpartum* troubles.

Cows with P-[BHBA] \geq 0,8mmol/L have a relative risk of 15, 11 and 6 respectively of having puerperal metritis, twins and retained placenta, compared with cows with P-[BHBA] $<$ 0,8mmol/L. Calves of cows with P-[BHBA] \geq 0,5 or 0,6mmol/L have a relative risk of 1,9 or 1,8 of having diarrhea compared to calves of cows with P-[BHBA] $<$ 0,5 or 0,6mmol/L. Associations for other thresholds are not significant. Using the threshold of 0,8mmol/L for P-[BHBA], the prevalence of hyperketonemia in beef cattle would be 6,1%. These results show the importance of hyperketonemia in beef cattle for the mother-calf pair.

KEYWORDS: Subclinical ketosis, beef cattle, prevalence, calves, health impact