

**VETAGRO SUP
CAMPUS VETERINAIRE DE LYON**

Année 2018 - Thèse n°091

***GASTROENTERITE NEONATALE DU VEAU :
DETERMINATION DE FACTEURS PRONOSTIQUES A LA
SURVIE A 15 JOURS A L'AIDE D'UNE ENQUÊTE AUPRES DE
VETERINAIRES PRATICIENS***

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I
(Médecine - Pharmacie)
et soutenue publiquement le 23 novembre 2018
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

MESSAND Elodie



VetAgro Sup



**VETAGRO SUP
CAMPUS VETERINAIRE DE LYON**

Année 2018 - Thèse n°091

***GASTROENTERITE NEONATALE DU VEAU :
DETERMINATION DE FACTEURS PRONOSTIQUES A LA
SURVIE A 15 JOURS A L'AIDE D'UNE ENQUÊTE AUPRES DE
VETERINAIRES PRATICIENS***

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I
(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement le 23 novembre 2018
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

MESSAND Elodie



Liste des Enseignants du Campus Vétérinaire de Lyon (1er mars 2018)

Nom	Prénom	Département	Grade
ABITBOL	Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maitre de conférences
ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maitre de conférences
ARCANGIOLI	Marie-Anne	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
AYRAL	Florence	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maitre de conférences
BECKER	Claire	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maitre de conférences
BELLUCO	Sara	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maitre de conférences
BENAMOU-SMITH	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maitre de conférences
BENOIT	Etienne	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BERNY	Philippe	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BOULOCHER	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maitre de conférences
BOURDOISEAU	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
BOURGOIN	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maitre de conférences
BRUYERE	Pierre	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maitre de conférences
BUFF	Samuel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maitre de conférences
BURONFOSSE	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
CACHON	Thibaut	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maitre de conférences
CADORÉ	Jean-Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maitre de conférences
CAROZZO	Claude	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maitre de conférences
CHABANNE	Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
CHALVET-MONFRAY	Karine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
DE BOYER DES ROCHES	Alice	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maitre de conférences
DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
DEMONT	Pierre	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
DJELOUADJI	Zorée	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maitre de conférences
ESCRIOU	Catherine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maitre de conférences
FRIKHA	Mohamed-Ridha	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maitre de conférences
GALIA	Wessam	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maitre de conférences Stagiaire
GILOT-FROMONT	Emmanuelle	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
GONTHIER	Alain	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maitre de conférences
GRANCHER	Denis	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maitre de conférences
GREZEL	Delphine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maitre de conférences
HUGONNARD	Marine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maitre de conférences
JANKOWIAK	Bernard	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maitre de conférences Contractuel
JAUSSAUD	Philippe	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
JEANNIN	Anne	DEPT-ELEVAGE-SPV	Inspecteur en santé publique vétérinaire (ISPV)
JOSSON-SCHRAMME	Anne	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maitre de conférences Contractuel
JUNOT	Stéphane	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maitre de conférences
KODJO	Angeli	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
KRAFFT	Emilie	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maitre de conférences
LAABERKI	Maria-Halima	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maitre de conférences
LAMBERT	Véronique	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maitre de conférences
LE GRAND	Dominique	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
LEBLOND	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
LEDoux	Dorothee	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maitre de conférences Stagiaire
LEFEBVRE	Sébastien	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maitre de conférences Stagiaire
LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maitre de conférences
LEPAGE	Olivier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
LOUZIER	Vanessa	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
MARCHAL	Thierry	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
MATEOS	Stevana	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maitre de conférences Contractuel
MOISSONNIER	Pierre	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
MOUNIER	Luc	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
PEPIN	Michel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
PIN	Didier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
PONCE	Frédérique	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
PORTIER	Karine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
POUZOT-NEVORET	Céline	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maitre de conférences
PROUILLAC	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maitre de conférences
REMY	Denise	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
RENE MARTELLET	Magalie	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maitre de conférences
RIVES	Germain	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maitre de conférences Contractuel
ROGER	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
SABATIER	Philippe	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
SAWAYA	Serge	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maitre de conférences
SCHRAMME	Michael	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
SERGENTET	Delphine	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
THIEBAULT	Jean-Jacques	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maitre de conférences
THOMAS-CANCIAN	Aurélié	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maitre de conférences Contractuel
TORTEREAU	Antonin	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maitre de conférences
VIGUIER	Eric	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
VIRIEUX-WATRELOT	Dorothee	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maitre de conférences Contractuel
ZENNER	Lionel	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Professeur Pierre Cochat
Université Claude Bernard -Faculté de Médecine de Lyon,

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse,
Pour sa disponibilité et son amabilité,
Qu'il reçoive ici l'expression de ma gratitude et de mes hommages respectueux.

A Madame le Docteur Claire Becker
Vetagro-Sup- Campus Vétérinaire de Lyon,

Pour la confiance qu'elle m'a accordée depuis le début ce travail,
Pour sa grande disponibilité et son temps accordé
Pour ses corrections minutieuses
Sincères remerciements

A Monsieur le Docteur Antonin Tortereau
Vetagro-Sup- Campus Vétérinaire de Lyon,

Pour avoir accepté de faire partie de ce jury de thèse,
Profonds remerciements

TABLE DES MATIERES

TABLE DES ANNEXES.....	11
TABLE DES FIGURES.....	13
TABLE DES TABLEAUX.....	15
TABLE DES ABBREVIATIONS.....	17
INTRODUCTION.....	19
PARTIE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	21
I. Généralités sur les diarrhées néonatales des veaux	23
1. Epidémiologie	23
2. Facteurs de risque et moyens de prévention.....	25
a. Sensibilité de l'individu	26
b. L'alimentation.....	27
c. La charge infectieuse	27
d. Pathogénicité des agents	28
e. Habitat, environnement.....	28
f. Pratiques d'élevage	29
II. Les principaux agents de diarrhées néonatales	29
1. Escherichia coli	29
2. Rotavirus.....	30
3. Coronavirus	31
4. Cryptosporidium parvum	31
III. Diagnostic étiologique	33
IV. Types de diarrhées.....	35
V. Conséquences de la diarrhée	36
1. Déshydratation	36
a. Bilan des pertes.....	37
b. Estimation du pourcentage de déshydratation.....	37
2. Acidose	43
a. Mécanisme.....	43
b. Implication de l'âge des veaux	44
c. Estimation clinique de l'acidose métabolique	44

d.	Mesure précise de l'acidose.....	48
e.	Prélèvements.....	50
f.	Appareils de mesures	50
3.	Glycémie.....	51
4.	Urémie.....	52
5.	Température centrale et périphérique	52
6.	Kaliémie.....	53
7.	Natrémie	53
8.	Chlorémie	54
9.	Hématocrite.....	54
10.	Arythmie cardiaque	54
VI.	Bases du traitement des gastro-entérites néonatales	55
1.	Fluidothérapie	55
a.	La réhydratation intraveineuse.....	55
b.	La fluidothérapie par voie orale	57
c.	Correction de l'acidose métabolique	58
d.	Correction de l'hypoglycémie.....	60
e.	Alimentation lactée durant la fluidothérapie	60
f.	Choix du soluté.....	59
2.	Anti-inflammatoires.....	61
3.	Antibiotiques	61
4.	Autres molécules	62
5.	Nursing	62
VII.	Facteurs pronostiques de survie	62
1.	Hématocrite.....	62
2.	Kaliémie.....	63
3.	Urémie.....	63
4.	Glycémie.....	63
5.	Température centrale	64
6.	Signes cliniques spécifiques et pH sanguin	64
7.	Score clinique, âge et glycémie	64

PARTIE 2 : PARTIE EXPERIMENTALE : ENQUÊTE AUPRES DE VETERINAIRES PRATICIENS.....	67
I. Matériels et méthode	69
1. Objectif de l'enquête	69
2. Questionnaire	69
3. Collecte de données.....	70
II. Résultats.....	71
1. Etude statistique descriptive	71
a. Analyse de l'âge.....	71
b. Analyse de la race	72
c. Analyse de la position.....	72
d. Description du réflexe de succion	73
e. Etude de la déshydratation	73
f. Présence ou absence d'arythmie cardiaque.....	74
g. Analyse de la température	74
h. Etude de la glycémie	75
i. Etude du pH sanguin	76
j. Etude de la fluidothérapie intraveineuse	76
k. Etude des traitements mis en place : antibiotique	77
l. Etude des traitements mis en place : anti-inflammatoire.....	77
m. Etude sur la survie.....	77
n. Tableau récapitulatif	78
2. Facteurs pronostics.....	79
a. Premier modèle de régression logistique	80
b. Second modèle de régression logistique	80
c. Réalisation d'un modèle simplifié à un paramètre.....	81
d. Probabilité de survie	81
PARTIE 3 : DISCUSSION.....	83
CONCLUSION.....	89
ANNEXE.....	91
BIBLIOGRAPHIE.....	93

TABLE DES ANNEXES

Annexe : Questionnaire support de l'étude.....91

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Fréquence de distribution par âge, en jours, de veaux allaitants, décédés (n=47) de gastro-entérites néonatales dans une population de 402 veaux	23
Figure 2 : Distribution du nombre de veaux nés, malades et morts, lors de diarrhées néonatales.....	24
Figure 3: Incidence cumulée du nombre de décès dus aux gastro-entérites néonatales, chez des veaux allaitants, chaque semaine, durant la saison de vêlage.....	24
Figure 4: Facteurs de risque associés au développement des diarrhées néonatales.....	25
Figure 5 : Cycle de <i>Cryptosporidium parvum</i>	32
Figure 6 : Muqueuses iléales à différents stades d'infection par <i>Cryptosporidium parvum</i>	33
Figure 7: Incidence des agents causals de diarrhée en fonction de l'âge des veaux.....	34
Figure 8: Diagramme permettant l'évaluation de la sévérité de l'acidose chez les veaux diarrhéiques.	47
Figure 9: Répartition de l'âge des veaux	71
Figure 10 : Répartition de la position des veaux parmi les réponses obtenues	72
Figure 11: Répartition du réflexe de succion de chaque veau parmi les réponses obtenues .	73
Figure 12 : Répartition de la déshydratation à partir du degré d'énophtalmie parmi les réponses obtenues	74
Figure 13: Répartition de la température des veaux	75
Figure 14 : Répartition de la glycémie des veaux.....	75
Figure 15: Répartition du pH sanguin des veaux	76
Figure 16 : Répartition de la quantité de fluide administré en intra-veineux.....	77
Figure 17: Répartition des veaux ayant survécu ou non à la diarrhée.....	78

TABLE DES TABLEAUX

Tableau I: Eléments d'aide au diagnostic étiologique des veaux atteints de diarrhées néonatales.....	34
Tableau II: Prédiction de la déshydratation d'après les signes cliniques	38
Tableau III: Prédiction du pourcentage de déshydratation des veaux nouveau-nés, obtenue expérimentalement avec un intervalle de confiance à 95%	39
Tableau IV: Guide expérimental pour la détermination du pourcentage de déshydratation de veaux nouveau-nés.....	40
Tableau V: Evaluation du degré de déshydratation	42
Tableau VI : Prédiction du déficit de base d'après le comportement chez des veaux présentés pour diarrhée.	45
Tableau VII : Corrélation entre le degré de déshydratation et le déficit de base	45
Tableau VIII: Evaluation du déficit de base en mmol/L en fonction des signes cliniques du veau	46
Tableau IX: Evaluation du score clinique du veau diarrhéique et détermination du déficit de base en fonction de l'âge de l'animal.....	48
Tableau X: Relation entre les valeurs d'excès de base et le pH sanguin obtenu avec un pH-mètre portable et un analyseur automatisé des gaz sanguins.....	51
Tableau XI: Prédiction du déficit de base et des besoins totaux de bicarbonate de sodium d'après le comportement chez des veaux diarrhéiques âgés de moins de 8 jours.....	59
Tableau XII: Prédiction du déficit de base et des besoins totaux de bicarbonate de sodium d'après le comportement chez des veaux diarrhéiques âgés de plus de 8 jours.....	59
Tableau XIII: Apports de glucose recommandés en fonction de la glycémie	60
Tableau XIV: Tableau récapitulatif des réponses au questionnaire.....	79
Tableau XV: Coefficients du premier modèle	80
Tableau XVI : Coefficients du deuxième modèle obtenu	81
Tableau XVII: Coefficients du modèle simplifié	81
Tableau XVIII: Récapitulatif des probabilités de survie à 15 jours	82

TABLE DES ABBREVIATIONS

Ag : Antigène
AINS : Anti-inflammatoire non stéroïdien
BID : *Bis in die*
Cl⁻ : Ion chlorure
CO₂ : Dioxyde de carbone
EB : Excès de base
ELISA : Enzyme linked immunosorbent assay
Eq : Equivalent (rapport de quantités de matière)
ETEC : *Escherichia coli* entéro-toxinogène
HCO₃⁻ : Ion bicarbonate
Ig : Immunoglobuline
IL : Interleukine
IM : Intramusculaire
IV : Intraveineux
K⁺ : Ion potassium
log: logarithme
LPS : Lipopolysaccharide
Na⁺ : Ion sodium
OR : Odds-ratio
Osm : Osmole(s)
pCO₂ : Pression partielle en dioxyde de carbone
PCR : Polymerase chain reaction
pH: Potentiel hydrogène
PO : *Per os*
PGE₂ : Prostaglandine E₂
q12h: toutes les 12h
Se : sensibilité
SID : *Semel in die*
SNGTV: Syndicat national des groupements techniques vétérinaires
Sp: spécificité
St : Toxine dite thermostable
TA: Trou anionique
TNF: Facteur de nécrose tumorale

Introduction :

Les diarrhées néonatales sont aujourd'hui la première cause de décès de jeunes veaux autant en élevages laitiers qu'en élevages allaitants. La survenue d'une diarrhée, touchant souvent plusieurs veaux en même temps, peut vite devenir problématique : veaux en moins bon état qui devront rester dans l'élevage le temps de se rétablir et donc être nourris plus longtemps (embêtant surtout pour les veaux mâles laitiers qui sont vendus, lorsque leur état le permet dès l'âge de 10 jours), temps consacré aux animaux plus important, coût des soins vétérinaires et même parfois décès des animaux. En élevage laitier, le prix du lait étant régulièrement au plus bas depuis quelques années, la vente des veaux notamment des veaux mâles, même s'ils sont peu valorisés, est importante pour l'éleveur puisqu'elle permet de compléter les revenus. En élevage allaitant, la bonne santé des veaux est la préoccupation principale de l'éleveur puisqu'ils représentent l'aboutissement du travail et sont la première ressource financière de l'élevage.

L'étiologie des diarrhées néonatales est très variable et conduit à des tableaux cliniques très ressemblants : déshydratation, diminution du réflexe de succion, décubitus. L'état du veau peut s'aggraver menant au coma voire à la mort. Ainsi pour soigner un veau atteint de diarrhée néonatale, et adapter au mieux la prise en charge, le vétérinaire effectue un examen clinique permettant d'évaluer l'état de l'animal. Plusieurs paramètres cliniques sont pris en compte sans savoir lequel présente la plus grande valeur pronostique pour la survie de l'animal.

L'objectif de ce travail est de déterminer s'il existe ou non un ou plusieurs facteurs ayant une valeur pronostique pour la survie du veau. Ainsi, il peut être intéressant, notamment d'un point de vue financier, pour l'éleveur et même le vétérinaire, de savoir si statistiquement ils prennent un réel risque en essayant de soigner l'animal.

La première partie de cette thèse consistera en une synthèse bibliographique sur les gastroentérites néonatales. Les conséquences métaboliques de la diarrhée sur l'animal seront plus particulièrement développées. La seconde partie portera sur l'étude statistique des données récoltées par le biais de questionnaires remplis par des vétérinaires praticiens et la création de modèles statistiques.

PARTIE 1 :

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur les diarrhées néonatales des veaux

1. Epidémiologie

Les gastro-entérites néonatales du veau se caractérisent par une émission de selles plus fréquente, en plus grand volume et de consistance diminuée (contenant moins de 10 % de matière sèche) (Millemann, 2009). La population à risque concerne les veaux âgés d'au plus 4 semaines (Cho, Yoon, 2014), même si les diarrhées peuvent survenir jusqu'à 6 semaines et même 4 mois (Millemann, 2009).

Le taux de mortalité est très important : entre 53,4 et 57 % de la mortalité totale constatée jusqu'au sevrage sont dus aux gastro-entérites néonatales (Cho, Yoon, 2014). La mortalité est surtout présente chez les jeunes veaux âgés de moins de 20 jours, comme le montre la figure 1 (Smith 2012).

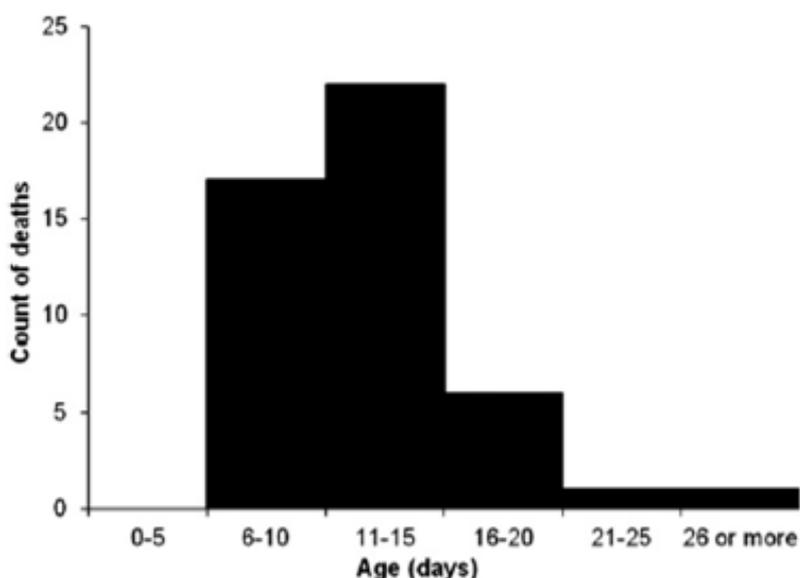


Figure 1 : Fréquence de distribution par âge, en jours, de veaux allaitants, décédés (n=47) de gastro-entérites néonatales dans une population de 402 veaux (Smith, 2012).

Les diarrhées néonatales affectent autant les veaux laitiers que les veaux allaitants. La figure 2, issue d'une étude de 2016 (Abuelo, 2016) montre que plus la saison des vêlages avance, plus le taux de diarrhées néonatales est important. Ceci s'explique par le fait que la pression infectieuse tend à augmenter avec le nombre croissant d'animaux enfermés en bâtiments (Millemann, 2009). Le pourcentage de veaux diarrhéiques peut atteindre 87,1% le dernier mois comme le montre la courbe avec les carrés sur la figure 2. Le taux de mortalité parvient à être contenu aux alentours des 10% les premiers mois, mais il explose en fin de saison (57,7 et 67,7%). Smith en 2012 (Smith, 2012) obtient des résultats similaires quant à la mortalité :

le nombre de veaux morts augmente rapidement au cours de la saison de vêlage et peut même être multiplié par 4 d'une semaine à la suivante (Figure 3).

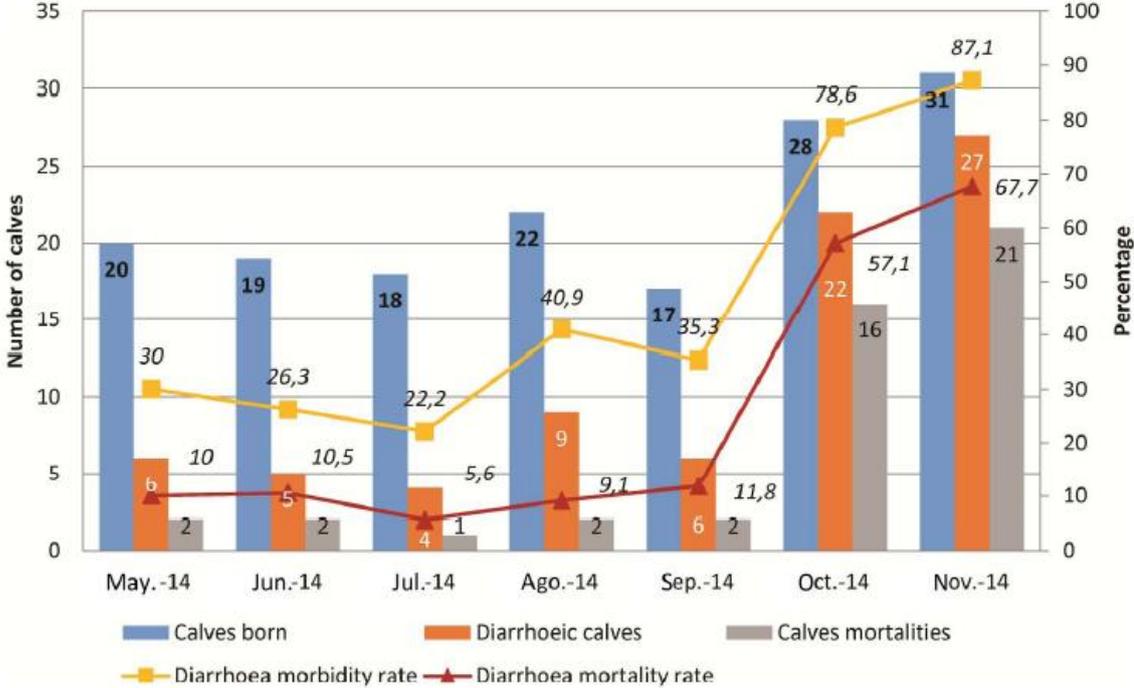


Figure 2 : Distribution du nombre de veaux nés, malades et morts, lors de diarrhées néonatales (Abuelo, 2016).

Légende : Chaque veau n’est comptabilisé que lors de son mois de naissance.

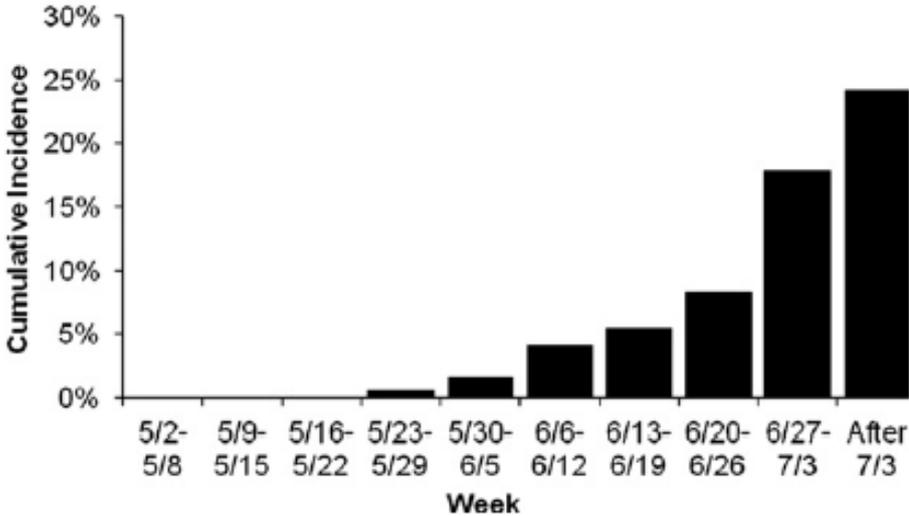


Figure 3: Incidence cumulée du nombre de décès dus aux gastro-entérites néonatales, chez des veaux allaitants, chaque semaine, durant la saison de vêlage (Smith, 2012).

Une étude française de 1998 (Bendali et al., 1999) , recensant 94 élevages allaitants du sud-ouest, a montré que l'incidence de cette affection était de 14,6% et variait beaucoup d'un élevage à l'autre : certains élevages (19%) n'avaient aucun veau atteint et certains plus de 50% (5,3% des élevages). Les résultats de cette même étude montrent que 52% des diarrhées apparaissent dans la première semaine et seulement 15% après la deuxième semaine de vie. Lors des mois de décembre et mars, les auteurs ont remarqué une augmentation de l'incidence des diarrhées. De plus, la mortalité globale était de 3,76% : constituée à 3,6% par les veaux âgés d'un mois ou moins et à 0,16% par ceux de plus d'un mois. Ainsi les diarrhées néonatales sont une pathologie fréquente, affectant les veaux dès le plus jeune âge.

2. Facteurs de risque et moyens de prévention

Les facteurs de risque et moyens de prévention qui en découlent sont au nombre de 6. On distingue : l'individu, l'environnement, la pathogénicité de l'agent étiologique, l'alimentation, la qualité des pratiques d'élevage et la charge infectieuse (Bazeley, 2003). Tous sont liés entre eux de façon plus ou moins directe comme le montre la figure 4 (Bazeley, 2003).

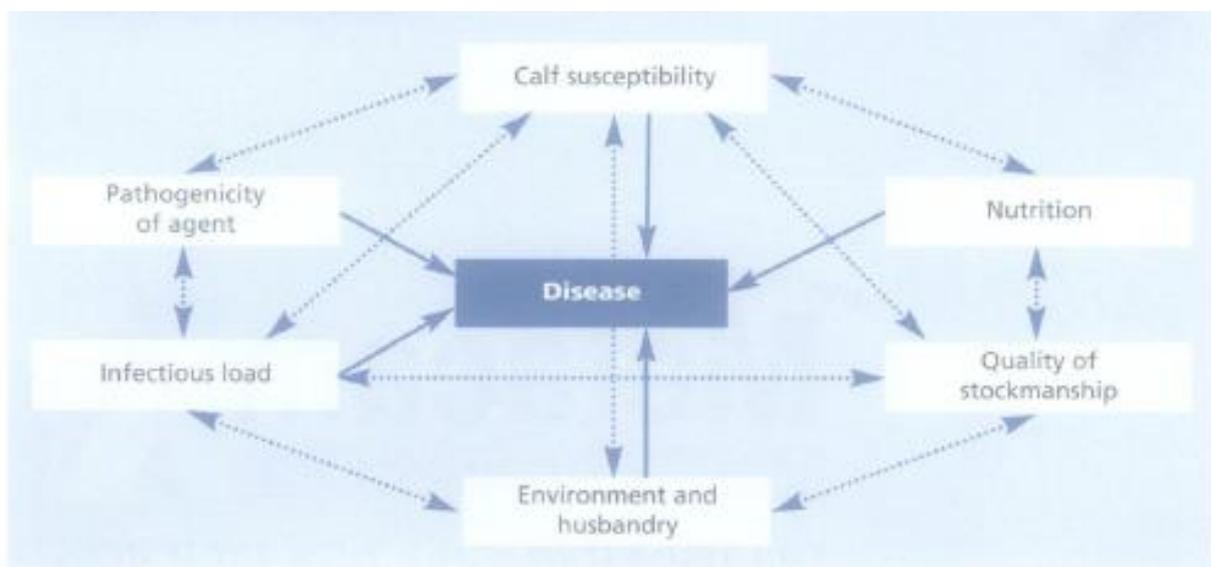


Figure 4: Facteurs de risque associés au développement des diarrhées néonatales (Bazeley, 2003).

a. Sensibilité de l'individu

La sensibilité de l'individu est le premier facteur de risque. Certains facteurs influent sur la sensibilité du veau, nous pouvons en citer trois ici. Le premier est une maladie intercurrente. Le deuxième est le stress : il favorise l'augmentation de cortisol qui réduit la réponse immunitaire et la résistance aux infections. Troisièmement il y a différentes carences. Une carence en vitamine E et sélénium diminue la résistance aux infections car les polynucléaires neutrophiles deviennent moins performants. Une carence en iode est une anomalie est plutôt rare car le veau est mort-né, sauf chez quelques individus qui naissent vivants mais très faibles. Enfin, lors d'une carence en vitamine A, les veaux sont faibles et aveugles : ceci se produit lorsque le fourrage des mères est, pendant une longue période, de mauvaise qualité (Bazeley, 2003).

La sévérité et l'incidence de la maladie dépendent hautement de la quantité et de la qualité du colostrum reçu par le veau dans ses premières heures de vie (Bazeley, 2003 ; Holland, 1990). En effet, le type de placentation des bovins (épithélio-choriale) ne permet pas de transfert significatif d'immunoglobulines de la mère au fœtus. L'absorption des immunoglobulines chez le veau n'est possible que dans les premières 24 heures de vie et est la plus efficace dans les 4 premières heures (Holland, 1990). Le veau ne commence à produire ses propres immunoglobulines que dès l'âge de quelques semaines, mais ce phénomène peut débuter avant (dès la première semaine) lorsque le colostrum est absent ou de mauvaise qualité.

Le colostrum fournit surtout des immunoglobulines G1 (IgG1), mais aussi des IgM, IgA, IgG2, des oligo-éléments tels que le sélénium, du calcium et des polynucléaires neutrophiles immunocompétents. Du point de vue du transfert immunitaire, le colostrum doit être défini comme le produit issu de la première traite post partum (Ravary et al., 2006). Le volume de colostrum ainsi que sa quantité d'immunoglobulines dépendent entre autres de divers facteurs comme le rang de lactation, la race ou encore la durée du tarissement (Lorenz et al., 2011). Sa qualité c'est-à-dire sa quantité d'immunoglobulines décroît de 3,7% chaque heure post-vêlage (Lorenz et al., 2011).

Il en résulte donc divers protocoles de distribution du colostrum (valables en élevage laitier), facilement retrouvés dans la littérature. Certains auteurs, comme Grove-White en 2000 (Grove-White, 2000), préconisent d'administrer 2 à 3 litres dans les 6 premières heures. D'autres, préconisent que le veau nouveau-né boive 10 % de son poids vif en colostrum, de bonne qualité, durant les 12 premières heures de vie, dont un quart dans les deux premières heures (Ravary et al., 2006).

Si un doute persiste sur les capacités du veau à boire rapidement (vêlage difficile, veau faible...), il est également possible de le sonder afin qu'il ingère la bonne quantité de colostrum au bon moment (Grove-White, 2000). Il a été montré que les veaux qui reçoivent 4L de colostrum par sondage dans l'heure suivant le vêlage possèdent un taux d'immunoglobulines

largement supérieur à ceux ayant bu 2L par eux-mêmes, durant la même période (Kaske et al., 2005).

b. L'alimentation

L'alimentation est le deuxième facteur de risque. La qualité de l'alimentation, la quantité, la fréquence de distribution et sa température doivent être contrôlées afin qu'une diarrhée alimentaire ne survienne pas.

-La quantité de lait administrée par l'éleveur ne doit pas excéder 1 à 5 litres par repas les premiers jours (capacité de la caillette, qui augmente de 2 litres en une semaine) (Bazeley, 2003).

-La température de distribution du lait doit être supérieure à 30°C et de façon optimale, environ 37°C (Ravary et al., 2006).

-La fréquence de distribution est d'au minimum toutes les 12 heures (Ravary et al., 2006) et doit être régulière (Bazeley, 2003).

-Les laits artificiels (lactoreplaceurs) doivent être préparés avec une concentration adéquate indiquée par le fabricant, généralement 100 à 180 g/L, à une température de dilution de 50 à 80°C, et brassés au fouet 4 à 5 minutes (Ravary et al., 2006).

-L'alimentation distribuée de bonne qualité (pas de lait issu de mammites), bien préparée (lactoreplaceurs) et en bonne quantité permettra d'éviter les diarrhées alimentaires (Bazeley, 2003). De plus, les diarrhées alimentaires facilitent le développement d'agents pathogènes responsables de diarrhées.

c. La charge infectieuse

Beaucoup d'agents étiologiques de diarrhée comme les rotavirus, coronavirus et *Cryptosporidium* sont retrouvés dans les fèces d'animaux sains. Ces agents contaminent alors les animaux dépourvus d'anticorps spécifiques, qui tombent malades. Cependant, lorsque la contamination a lieu avec une faible dose, l'infection peut être asymptomatique. Ces deux types d'individus (malades et porteurs) excrètent alors plus ou moins massivement les agents pathogènes dans l'environnement, ce qui conduit à contaminer les autres. Ainsi, lors de vêlages groupés, la charge infectieuse du bâtiment augmente au cours de la saison (Bazeley, 2003).

Les individus âgés d'un an et plus représentent un réservoir d'agents pathogènes et assurent leur transmission d'une saison de vêlage à l'autre (Smith, 2012).

d. Pathogénicité des agents

Dans le cas des gastro-entérites néonatales, la pathogénicité d'un agent infectieux est sa capacité soit à coloniser rapidement les cellules épithéliales de l'intestin et les détruire ou soit à conduire l'animal dans un état septicémique (Bazeley, 2003).

Les agents étiologiques les plus communs des diarrhées néonatales incluent des bactéries comme *Escherichia coli* ou *Salmonella*, des virus comme les rotavirus et les coronavirus et des protozoaires tels *Cryptosporidium* ou *Eimeria*. Ces agents sont retrouvés seuls, ou en association chez un veau atteint de diarrhée. La transmission de ces agents se fait pour la plupart via l'environnement, avec un contact oro-fécal.

L'arrêt de la diarrhée dépend de la réparation du tissu intestinal lésé. Dans certains cas, comme lors de cryptovirose ou coronavirose, les villosités ne sont pas restaurées malgré l'élimination de l'agent pathogène et par conséquent la diarrhée perdure jusqu'à restauration du tissu. Lors de sévères cas de coccidiose, les lésions du colon peuvent même ne jamais disparaître (Bazeley, 2003).

e. Habitat, environnement

Les conditions d'environnement représentent un facteur de risque important pour l'apparition et la persistance des diarrhées dans un élevage. De la naissance au sevrage le veau passe 75% de son temps couché, c'est pourquoi il est essentiel que la litière soit confortable, propre et sèche car, la transmission de la plupart des agents de diarrhée se fait par contact féco-oral : la prévention des diarrhées passe donc par l'hygiène des locaux (Risco, Melendez, 2011).

Afin d'éviter tout stress lié à une chaleur (supérieure à 20 °C) ou une fraîcheur trop importantes, il est recommandé que la température ambiante soit d'environ 14-15 °C (Risco, Melendez, 2011).

Pour les veaux logés en cases individuelles, ces dernières devraient faire au minimum 3m² afin que le veau puisse y rester 2 mois. De plus, il faudrait prévoir 15% de plus de cases que le nombre de veaux afin de pouvoir faire les vides sanitaires. Ceci présente l'avantage de pouvoir isoler plus facilement un veau malade. De même pour les veaux logés collectivement, un minimum de 3m² par veau est indispensable dès la naissance (Risco, Melendez, 2011).

f. Pratiques d'élevage

La qualité des pratiques d'élevage est bien souvent un point clé dans la prévention des maladies et notamment des diarrhées. Cependant elle dépend de l'éleveur et du temps qu'il parvient à y consacrer (Bazeley, 2003). Par exemple, un veau faible naît bien souvent suite à un vêlage qui s'est mal déroulé du fait d'une mauvaise gestion de la préparation au vêlage avec des problèmes d'alimentation lors du tarissement.

Bien d'autres points de prévention concernant les pratiques d'élevage (Bazeley, 2003) peuvent être relevés même s'ils découlent des facteurs de risques précédemment cités.

-Un veau vivant dans un environnement sain et propre sera moins en contact avec les agents pathogènes.

-Un colostrum administré au bon moment et en bonne quantité augmentera l'immunocompétence du veau et sa résistance.

- Un traitement précoce et un isolement des veaux malades permet d'éviter la dispersion de l'agent pathogène dans l'élevage.

-Le recours à la vaccination des mères peut aider à l'éradication des diarrhées au sein de l'élevage.

II. Les principaux agents de diarrhées néonatales

Les jeunes veaux sont régulièrement victimes de diarrhées dont l'agent étiologique est à 75 - 95% (Picco et al., 2015) *Escherichia coli* entéro-toxinogènes, le coronavirus, *Cryptosporidium parvum* et le rotavirus. D'autres agents étiologiques peuvent aussi être mis en cause comme *Salmonella*, *Clostridium perfringens*, *Campylobacter*... Nous nous intéresserons ici seulement aux quatre agents les plus communément retrouvés lors de gastro-entérites néonatales.

1. *Escherichia coli*

E. coli est un agent étiologique non négligeable lors de diarrhées néonatales. De nombreux pathovars sont décrits et responsables de nombreuses infections diverses, intestinales ou non chez de nombreuses espèces de mammifères ou oiseaux. *E. coli* entéro-toxinogène (ETEC) est le pathovar intestinal le plus décrit. Les ETEC sont définis comme la cause majeure des diarrhées néonatales chez les veaux de moins de 4 jours, mais est plus rarement en cause chez

les veaux plus âgés et même les adultes (Foster, Smith, 2009). La prévalence de *E.coli*, chez les veaux atteints de gastro-entérites néonatales, varie largement en fonction des études.

Il s'agit d'une bactérie commensale des portions terminales du tube digestif et de l'appareil urogénital bas des animaux homéothermes. La transmission entre individus se fait essentiellement indirectement via l'environnement. Le pouvoir pathogène de certaines souches est lié à l'acquisition de facteurs de virulence permettant la colonisation et/ou l'invasion des muqueuses ainsi que l'échappement aux défenses de l'hôte. Cependant il peut également être dû à la capacité de synthétiser des toxines protéiques.

Ses facteurs de virulence sont des adhésines qui lui permettent d'adhérer aux cellules épithéliales de l'intestin grêle et des entérotoxines. Les premières sont portées par les fimbriae : ce sont chez les bovins les adhésines F5 (K99), F17 et F41 par exemple. L'adhésion se fait sans changement morphologique de l'entérocyte : c'est la sécrétion d'entéro-toxines, qui suit l'adhésion, qui altère sa fonction en augmentant les sécrétions et réduisant l'absorption cellulaire. Les ETEC synthétisent des toxines dites thermostables (St) chez les bovins. Il en existe deux types Sta et Stb mais uniquement Sta intervient chez les bovins (Al-Majali et al., 2000). Les récepteurs à Sta sont retrouvés au niveau de l'intestin grêle et du colon même s'ils sont largement majoritaires au niveau de la muqueuse iléale (Al-Majali et al., 2000). Ce type de récepteurs est situé sur la membrane apicale des cellules épithéliales. Lorsque la toxine Sta se lie à son récepteur, il y a inhibition du cotransport Na^+/Cl^- (Al-Majali et al., 2000) qui a lieu au sommet des villosités intestinales : une fuite d'eau a lieu vers le contenu intestinal. Cependant, le nombre de récepteurs aux adhésines diminue avec le temps : ils ne sont plus présents au bout de quelques jours de vie ce qui conduit à ne retrouver ce type de diarrhée, en général, que chez un veau âgé de 0 à 4 jours (Francoz et Couture, 2014).

2. Rotavirus

Le rotavirus bovin de groupe A est considéré comme une des causes majeures voire la cause majeure de diarrhée néonatale bovine à travers le monde (Garaicoechea et al., 2006). L'étude de Bendali (Bendali et al., 1999) obtient une prévalence de 47,4%, celle de Garaicoechea (Garaicoechea et al., 2006) est de 62,5% en Argentine, elle est de 42,7% dans l'étude de de la Fuente (de la Fuente et al., 1998) et de 31% dans l'étude française de Fremont (Fremont et al., 2004). Cependant beaucoup d'infections sont subcliniques (McNulty, 1983) : Gulliksen en 2009 (Gulliksen et al., 2009), a montré dans son étude que 67,7% des animaux (1348 veaux suivis pendant 1 an) étaient porteurs du rotavirus, mais que, sur les 191 animaux suivis pour diarrhées, la diarrhée pouvait être imputée au rotavirus seulement pour 9,9% des cas.

Le rotavirus est défini grâce à ses deux protéines neutralisantes d'anticorps : VP4 et VP7 (Swiatek et al., 2010). Le rotavirus du groupe A infecte à la fois les animaux et les humains. Il est responsable de gastroentérites accompagnées de douleur abdominale, fièvre, nausées et

vomissements (Ennima et al., 2016). La transmission est essentiellement réalisée par contact oral (McNulty, 1983). Le virus s'attaque aux cellules matures des villosités de l'intestin grêle, ce qui conduit à l'atrophie de l'extrémité des villosités. La diarrhée résulte alors d'un défaut d'absorption et d'une excrétion hydrique trop importante (McNulty, 1983).

3. *Coronavirus*

Le coronavirus bovin affecte les veaux dans leurs 3 premières semaines de vie, avec un pic arrivant entre les septième et dixième jours (Foster, Smith, 2009). Il est fréquemment retrouvé dans les selles de veaux diarrhéiques mais aussi de veaux sains (Foster, Smith, 2009). Sa prévalence lors de diarrhée varie selon les études aux alentours de 10 à 20% (Bendali et al., 1999 ; de la Fuente et al., 1998).

Les symptômes sont ceux d'une diarrhée avec déshydratation, abattement, dysorexie, diarrhée aspect « lait caillé ». L'évolution se fait vers la mort à cause de la déshydratation ou vers une guérison en 5 à 7 jours. La transmission se fait par contact oro-fécal ou par voie respiratoire.

Le coronavirus bovin a un tropisme pour les intestins et le système respiratoire puisqu'il se réplique autant dans les entérocytes que dans l'épithélium de l'appareil respiratoire supérieur (Bok et al., 2017). Le coronavirus se réplique dans les entérocytes du colon ascendant et de l'intestin grêle : il détruit en profondeur les villosités. La diarrhée engendrée est due à la malabsorption.

4. *Cryptosporidium parvum*

On compte aujourd'hui plus de 30 espèces de *Cryptosporidium*. *Cryptosporidium parvum* est l'espèce la plus représentée chez les bovins. Il n'est pas spécifique des bovins (retrouvé chez le porc, d'autres ruminants et l'homme) et est zoonotique. Il est à l'origine de diarrhée et de mortalité chez les veaux de 4 à 15 jours principalement, mais peut également toucher des adultes immunodéprimés. La prévalence de *Cryptosporidium* dans les cas de diarrhées néonatales varie en fonction des études : elle est de 15,6% dans l'étude de Bendali (Bendali et al., 1999) et de 52,3% dans l'étude de de la Fuente (de la Fuente et al., 1998). Thomson en 2017 (Thomson et al., 2017) l'a retrouvé dans 30% des cas de diarrhée en tant que seul agent causal et dans 20% des cas, accompagné d'un autre agent.

Le cycle parasitaire de ce protozoaire est direct et monoxène. La contamination est féco-orale. Tous les stades sont présents chez un hôte. L'animal ingère les ookystes sporulés directement infectants qui ont été excrétés dans les fèces des congénères infectés. Ces ookystes, grâce au pH bas et à la température du tractus digestif, libèrent quatre sporozoïtes dans l'intestin. Ceux-ci adhèrent préférentiellement aux cellules épithéliales de la jonction iléo-caecale

(Thomson et al., 2017) et donnent naissance à des mérozoïtes lors de la multiplication asexuée. La reproduction sexuée est également possible : les mérozoïtes évoluent par gamétogonie en micro et macro-gamètes. L'union de ces deux gamètes donne des ookystes non sporulés puis des ookystes sporulés. A partir de là, on distingue les ookystes à paroi mince qui créent un cycle infectieux et les ookystes à paroi épaisse qui sont excrétés dans le milieu extérieur. Les ookystes à paroi mince (environ 20% des ookystes) sont responsables du phénomène d'autoinfection : ils ne passent pas par le milieu extérieur mais donnent de nouveaux mérozoïtes. Le cycle, représenté dans la figure 5, dure 4 jours.

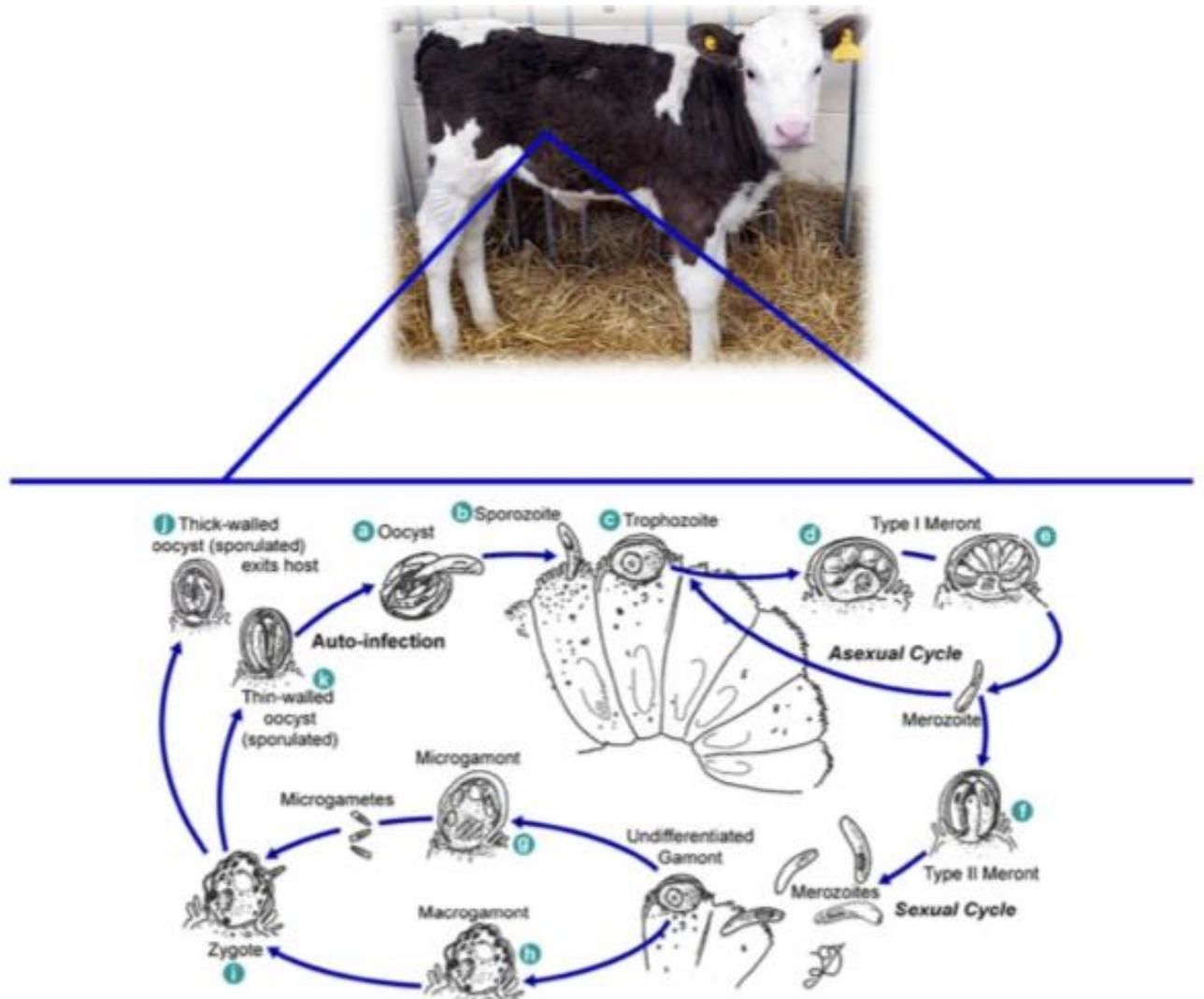


Figure 5 : Cycle de *Cryptosporidium parvum* (Thomson et al., 2017)

Le coefficient « nombre de parasites ingérés/nombre de parasites excrétés » est faible, la maladie a un aspect explosif. Un très grand nombre d'animaux est atteint. Les veaux atteints excrètent plusieurs dizaines de millions de parasites par gramme de fèces. La diarrhée est due à la destruction des microvillosités intestinales jéjunales et iléales, par les sporozoïtes conduisant à l'atrophie des villosités responsable d'une malabsorption et hypersécrétion (Francoz, Couture, 2014). La figure 6 montre les différences entre les villosités intestinales saines et infectées par *Cryptosporidium*.

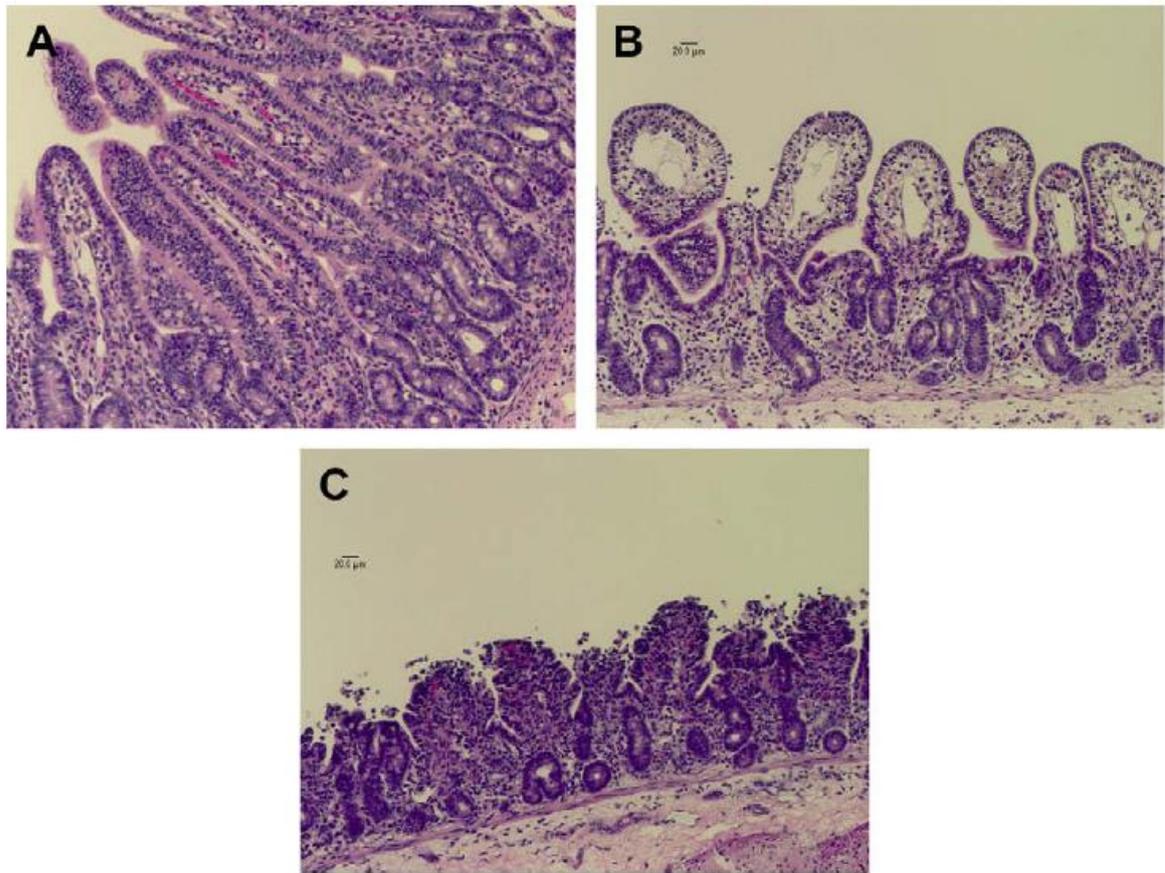


Figure 6 : Muqueuses iléales à différents stades d'infection par *Cryptosporidium parvum* (Foster, Smith, 2009).

Légende : (A) Muqueuse iléale de veau normal. (B) et (C) Muqueuse iléale de veau infecté expérimentalement par *Cryptosporidium parvum*. Dans (C), les changements histologiques sont plus sévères, car les villosités plus atrophiées et la muqueuse ne recouvrent pas totalement la lamina propria.

III. Diagnostic étiologique

La recherche de l'agent pathogène responsable présente un intérêt fondamental pour le reste du troupeau plus que pour l'individu initialement atteint.

Il existe diverses méthodes de diagnostic étiologique. La première méthode, basée sur l'âge du veau apporte une suspicion de diagnostic plutôt qu'une certitude. Divers graphiques donnent l'étiologie la plus probable en fonction de l'âge du veau (Figure 7). Effectivement, les ETEC sont retrouvés uniquement chez les jeunes de veaux de moins de 5 jours, alors que la coccidiose clinique due à *Eimeria* ne se produit que chez les veaux de plus de 3 semaines en général.

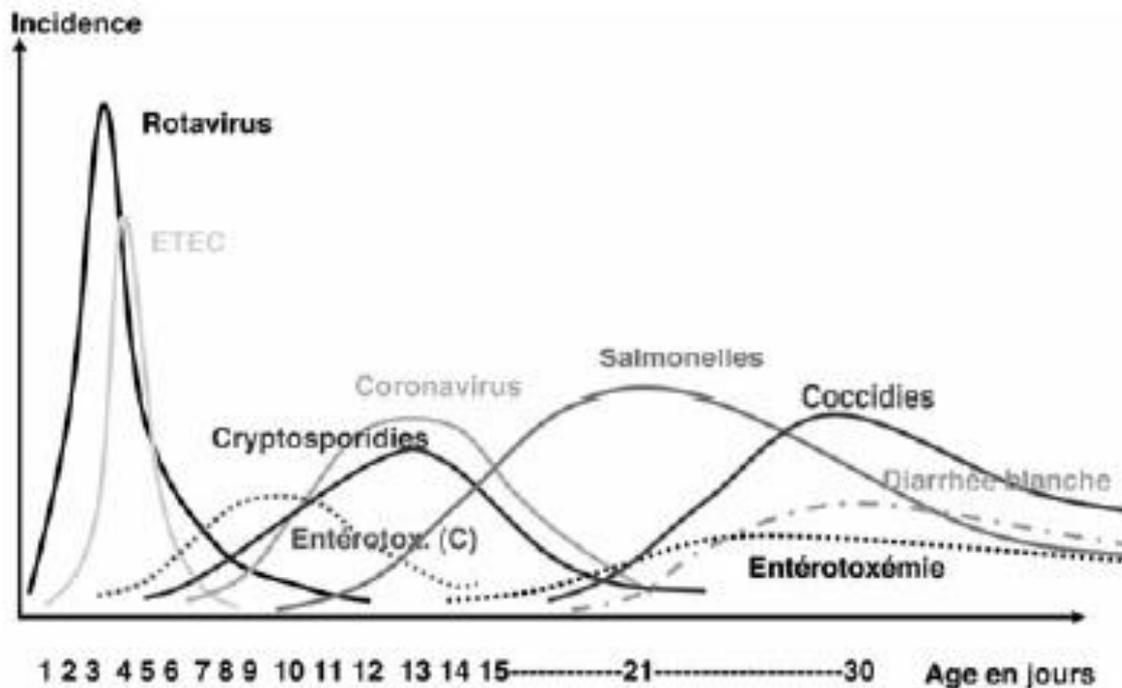


Figure 7: Incidence des agents causals de diarrhée en fonction de l'âge des veaux (Millemann, 2009)

Une deuxième méthode est de combiner les signes cliniques et l'âge du veau comme le montre le tableau I afin de déterminer l'agent étiologique le plus probable. Les signes cliniques comprennent ici l'aspect de la diarrhée : liquide, mucoïde, trace de sang, noire, ... et l'état du veau : faiblesse, extrémités froides, anorexie, ptyalisme, épiphora, hyperthermie, déshydratation.... Notons par ailleurs que cette méthode ne permet pas de différencier une diarrhée causée par un rotavirus, un coronavirus ou une cryptosporidie.

Tableau I: Eléments d'aide au diagnostic étiologique des veaux atteints de diarrhées néonatales (Millemann, 2009)

Mean age of affected calves	Clinical signs	Probable aetiological diagnosis
1-3 days	Very liquid diarrhoea, yellow Rapid and important dehydration (eyes sunkness, diminished skin elasticity) Weakness, cold extremities	Colibacillosis (ETEC = F5 <i>E. coli</i>)
4-11 days	Mucoid diarrhoea Hyperthermia Anorexia, abdominal pain Progressive dehydration	Rotaviriosis, coronaviriosis, cryptosporidiosis
> 11 days	Very liquid diarrhoea with blood traces Severe hyperthermia (> 41°C)	Salmonellosis
> 18 days	Black diarrhoea, +/- blood and colic	Coccidiosis due to <i>Eimeria zuernii</i>
	Mucoid diarrhoea, hyperthermia Ptyalism, anorexia, epiphora	Bovine viral diarrhoea

Ensuite, il existe des tests rapides qu'il est possible d'effectuer au chevet du veau. Prenons l'exemple du test Speed V-Diar du laboratoire Virbac. Il est basé sur une technique d'immunochromatographie sur bandelette et recherche des antigènes spécifiques des 5 agents les plus représentés des gastro-entérites néonatales : coronavirus (Se= 94,3% ; Sp= 99,2%), Rotavirus (protéines du groupe A ; Se=93,5 % ; Sp=100%), *Cryptosporidium parvum* (ookystes, Se=97,2 % ; Sp=95 %), *E. coli* (F5 ; Se= 93,5% ; Sp=99,2 %), *E. coli* (CS31A ; Se=89 % ; Sp= 93%). L'avantage est qu'il donne un résultat dans les 15 minutes et ne demande pas de matériel spécifique (Virbac BVT, 2017). Cependant, ce test ne recherche pas les autres agents étiologiques possibles.

Enfin la méthode de choix reste l'analyse au laboratoire. Il existe diverses méthodes en fonction des divers agents. Généralement, les échantillons de fèces sont examinés au microscope (pour *C. parvum* et les coccidies), mis en culture pour rechercher les bactéries et analysés par PCR pour rechercher les virus. En revanche, le tissu intestinal est traité par immunohistochimie ou culture bactérienne. Les techniques comme la PCR ou l'ELISA (Ag-ELISA) sont utilisées pour détecter rapidement les agents étiologiques (Cho, Yoon, 2014).

Cependant il faut rester vigilant et garder à l'esprit que le résultat du laboratoire doit toujours être confronté aux commémoratifs, à l'anamnèse et à la clinique car l'agent identifié peut ne pas être l'agent pathogène primairement responsable de la maladie (Cho, Yoon, 2014 ; Bazeley, 2003).

IV. Types de diarrhées

Les gastro-entérites néonatales sont généralement des diarrhées de l'intestin grêle, causées par une hypersécrétion ou une malabsorption.

La diarrhée d'hypersécrétion se développe lorsqu'une quantité anormale de liquide, sécrétée par l'intestin, est supérieure aux capacités de résorption de la muqueuse intestinale. Les ETEC, via la production de toxines entraînent une diarrhée de ce type (Cf II-1.).

Lors de diarrhée de malabsorption, la capacité de la muqueuse à absorber les liquides et les nutriments est altérée. C'est ce qui se produit lorsque les villosités sont atrophiées : il en résulte une perte des entérocytes matures en haut de la villosité conduisant à une perte des enzymes digestives de la bordure en brosse des entérocytes. La distribution et l'extension de ce phénomène d'atrophie varient en fonction du type d'agent pathogène d'où les variations dans la sévérité de la maladie. Ce type de diarrhée peut être aggravé par la fermentation dans le colon de nutriments qui sont normalement absorbés par l'intestin grêle : la formation de l'acide lactique par exemple, crée un appel d'eau dans le colon. Le rotavirus et le coronavirus

créent une diarrhée de ce type. Le protozoaire, *Cryptosporidium*, semble engendrer une diarrhée de ce type associée à une inflammation, mais son mode d'action n'est encore pas élucidé (MSD Manual, 2017).

Finalement, une inflammation intestinale est présente dans la plupart de ces diarrhées infectieuses, et les médiateurs de l'inflammation entraînent des perturbations dans les flux ioniques intestinaux. Cette inflammation mène également à des dommages vasculaires, lymphatiques et structurels au niveau des cryptes et villosités intestinales (Figure 6).

Les diarrhées alimentaires sont dues à un mauvais lactoreemplaceur ou bien, un lait de mauvaise qualité comme un lait de mammité. Une diarrhée due à un mauvais lactoreemplaceur est produite par 2 mécanismes entraînant tous deux une malabsorption. La plupart des lactoreemplaceurs contiennent des protéines issues de soja et en fonction du degré de raffinement peuvent contenir ou non des carbohydrates. Ces derniers ne sont pas tous absorbés dans l'intestin grêle et entraînent des fermentations dans le colon. De plus, certains veaux sont allergiques aux protéines de soja, ce qui entraîne une atrophie des villosités et une diarrhée de malabsorption (MSD Manual, 2017).

V. Conséquences de la diarrhée

1. Déshydratation

Lors de diarrhées néonatales, les pertes en eau sont importantes et essentiellement extracellulaires. Elles peuvent être hypertonique, hypotonique ou isotonique. Il est ainsi primordial d'évaluer la déshydratation lors de l'examen clinique.

La déshydratation de type isotonique est la plus fréquente. Les pertes en eau et en sodium sont en corrélation. La déshydratation de type hypotonique a lieu lorsque les pertes en sodium dans les matières fécales sont supérieures aux pertes en eau. La déshydratation de type hypertonique est peu fréquente chez les veaux diarrhéiques, et survient lors de déficit hydrique prédominant (insuffisance d'abreuvement ou diarrhée osmotique par exemple) touchant les secteurs extra- et intracellulaires et ne s'accompagnant pas d'une perte en sodium.

a. Bilan des pertes

Les pertes en eau liées à la diarrhée se rapprochent des pertes du volume fécal : ces pertes ne sont donc pas négligeables puisque, en fonction des études, on trouve que le volume de selles peut être multiplié par 22 (Lewis, Phillips, 1972) ou par 40 (Blaxter, Wood, 1953) par rapport au volume normal émis chez un veau sain. Selon les auteurs les pertes en eau diffèrent : jusqu'à 7,9% du poids vif lors de diarrhée aiguë pour Lewis et Phillips (Lewis, Phillips, 1972), de 1 à 4 L d'eau par jour pour Ravary (Ravary et al., 2006). Ces pertes en eau proviennent à 49,5% du plasma (Lewis, Phillips, 1972). Normalement inférieures à 10 mL/kg par jour, elles peuvent devenir supérieures à 50 mL/kg par jour lors de diarrhées (Ravary et al., 2006).

L'appétit du veau atteint de diarrhée est diminué voire absent. Les pertes ne sont donc pas ou peu compensées par la buvée.

b. Estimation du pourcentage de déshydratation

Diverses méthodes sont utilisées pour estimer le pourcentage de déshydratation d'un veau. Cependant toutes reposent sur l'examen clinique.

i. Utilisation d'un paramètre de l'examen clinique : l'énophtalmie

Il s'agit d'une méthode reprise par Trefz et ses collègues (Trefz et al., 2012) qui a été mise au point lors d'une thèse vétérinaire en 2007 en Allemagne (Niethammer, 2007). Le pourcentage de déshydratation est estimé en définissant le degré d'énophtalmie. Pour cela il suffit de mesurer la distance, en millimètres, entre le quantus médial de l'œil et l'orbite. Ensuite, la formule suivante est utilisée :

$$\text{Pourcentage de déshydratation} = 1,91 \times \text{degré d'énophtalmie(mm)} - 0,49$$

Cette méthode n'est cependant pas facilement applicable sur le terrain car il faut un outil de mesure précis adaptable à la morphologie de l'animal, notamment à son œil.

ii. Méthode utilisant 3 paramètres cliniques : enophtalmie, persistance du pli cutané au cou et muqueuses

Dans cette méthode (Naylor et al., 2003), l'énophtalmie est appréciée de façon qualitative, il s'agit simplement de définir si elle existe ou non, et si la distance quantus médial/orbite est inférieure à 0,5cm ou comprise entre 0,5 et 1cm.

Le second paramètre apprécié est la persistance du pli cutané au niveau du cou en secondes. Pour ceci, il faut garder le cou du veau droit et pincer dans la direction de l'axe longitudinal pour éviter les plis transversaux naturels de la peau. Le temps de persistance est mesuré en secondes.

Le dernier paramètre évalué est l'aspect des muqueuses : humides, collantes et sèches ou sèches.

Cette méthode conduit au Tableau II mais peut légèrement surestimer le degré de déshydratation.

Tableau II: Prédiction de la déshydratation d'après les signes cliniques (Naylor et al., 2003)

% de déshydratation	Enophtalmie	Persistance du pli cutané du cou, secondes	Muqueuses
0	Aucune	<1	Humides
1-5	Aucune/légère	1-4	Humides
6-8	Légère séparation du globe oculaire de l'orbite	5-10	Collantes/sèches
9-10	Écart, < 0,5 cm entre le globe oculaire et l'orbite	11-15	
11-12	Écart, 0,5 à 1 cm entre le globe oculaire et l'orbite	16-45	Sèches

iii. Méthode de Peter D. Constable et collègues

Dans leur étude de 1998 (Constable et al., 1998), Constable et ses collègues ont montré que les 3 paramètres permettant au mieux de définir le pourcentage de déshydratation étaient le degré d'énophtalmie, la concentration en protéines plasmatiques et l'élasticité au niveau du cou ou du thorax.

L'énophtalmie est ici définie comme la distance entre le globe oculaire et la conjonctive palpébrale. La persistance du pli de peau est mesurée en prenant un pli de peau vertical au milieu du cou ou bien entre la sixième et neuvième côte, en tournant la peau de 90° pendant 1 seconde. La concentration en protéines plasmatiques est déterminée à l'aide d'un réfractomètre. Lors de l'étude, pour automatiser les prélèvements, le sang provenait d'un cathéter artériel situé dans l'artère pulmonaire.

Chacun des 3 paramètres a permis de définir en fonction des valeurs obtenues le pourcentage de déshydratation (Tableau III). Cependant ce tableau reste difficilement utilisable car un degré d'énophtalmie, par exemple, ne correspond pas à une seule mesure de concentration en protéines plasmatiques ou à une durée de persistance du pli de peau. Toutes les

combinaisons entre les trois paramètres sont possibles, et c'est à l'opérateur de définir de façon la plus précise le degré de déshydratation correspondant le mieux à ses trois critères cliniques.

Tableau III: Prédiction du pourcentage de déshydratation des veaux nouveau-nés, obtenue expérimentalement avec un intervalle de confiance à 95% (Constable et al., 1998).

Enophthalmos (mm)	Dehydration (%) [*]	Cervical skin-tent duration (s)	Dehydration (%)	PP concentration (g/dl)	Dehydration (%)
0	0.4(-4.7-5.4)	2	0.4(-5.2-6.0)	6.0	1.3(-6.4-9.0)
1	2.1(-2.7-6.9)	3	2.2(-3.2-7.5)	6.5	4.0(-3.5-11.5)
2	3.8(-0.8-8.4)	4	3.9(-1.3-9.1)	7.0	6.7(-0.6-14.1)
3	5.5(1.0-10.0)	5	5.7(0.6-10.8)	7.5	9.5(2.1-16.8)
4	7.2(2.8-11.7)	6	7.5(2.4-12.5)	8.0	12.2(4.8-19.6)
5	8.9(4.5-13.4)	7	9.2(4.1-14.3)	8.5	14.9(7.3-22.6)
6	10.6(6.1-15.2)	8	11.0(5.9-16.3)		
7	12.4(7.7-17.0)	9	12.8(7.5-18.1)		
8	14.1(9.2-18.9)	10	14.5(9.0-20.1)		
9	15.8(10.7-20.9)				
10	17.5(12.0-22.9)				

^{*}Parentheses include 95% confidence interval for an individual predicted value.

Ainsi, un tableau plus général et plus simple à utiliser a été établi facilitant la détermination du pourcentage de déshydratation (Tableau IV). Ce tableau n'utilise plus le critère de concentration en protéines plasmatiques, qui est en effet moins facilement réalisable au chevet du veau pour raisons logistiques.

Tableau IV: Guide expérimental pour la détermination du pourcentage de déshydratation de veaux nouveau-nés (Constable et al., 1998)

Dehydration (%)	Clinical signs
0	No enophthalmos; cervical skin-tent duration, ≤ 2 s; moist mucous membranes
2	Enophthalmos, 1 mm; cervical skin-tent duration, 3 s; dry mucous membranes
4	Enophthalmos, 2 mm; cervical skin-tent duration, 4 s
6	Enophthalmos, 3 mm; cervical skin-tent duration, 5 s
8	Enophthalmos, 4 mm; cervical skin-tent duration, 6 s; cool extremities
10	Enophthalmos, 6 mm; cervical skin-tent duration, 7 s; cold extremities
12	Enophthalmos, 7 mm; cervical skin-tent duration, > 8 s; cold extremities
≥ 14	Enophthalmos, > 8 mm; cervical skin-tent duration, > 10 s; cold extremities; white mucous membranes

Cependant les auteurs précisent bien qu'une déshydratation inférieure à 5% est cliniquement difficilement détectable et qu'il faut être prudent lorsque l'on obtient de tels résultats.

iv. Autre méthode faisant intervenir 10 paramètres

Bien que les auteurs (Ravary et al., 2006) soient d'accord pour affirmer que les deux paramètres principaux à l'évaluation clinique de la déshydratation sont la persistance du pli de peau et la position du globe oculaire, ils n'ignorent pas les autres critères évaluables et soulignent même certains points particuliers :

- A partir de 6-8% de déshydratation, l'excrétion urinaire diminue de façon importante.
- A partir de 9-10% de déshydratation, l'animal est dans un état dépressif, son réflexe de succion diminue.
- A partir de 11-12% de déshydratation, le décubitus est permanent.
- A partir de 12-15% de déshydratation, un état de choc, souvent fatal peut survenir : hypothermie centrale et périphérique, collapsus cardiovasculaire et respiratoire avec disparition du pouls, tachycardie et bradypnée.

Cependant les auteurs tiennent à souligner que chez l'animal maigre, la position du globe oculaire peut être faussée à cause de la disparition du gras sous-orbitaire.

Les autres paramètres, indiqués dans le tableau V sont la concentration en protéines sériques, l'hématocrite, la durée de persistance du pli de peau, l'aspect des muqueuses buccales et de la cornée : ils permettent d'affiner, en plus des paramètres déjà cités, l'évaluation du degré de déshydratation. Cette méthode, contenant plus de critères cliniques, permet au praticien d'affiner au plus la détermination du degré de déshydratation et ainsi, semble être assez fiable.

Tableau V: Evaluation du degré de déshydratation (Ravary et al., 2006).

Degré (%) et sévérité de la déshydratation	Enfoncement des yeux, plissement peau de la face	Aspect de la cornée	Aspect de la muqueuse buccale	Durée persistance du pli de peau (s)	Reflexe de succion	Température centrale (°C) et chaleur des extrémités	Etat général	Hématocrite	Protéines totales sériques (g/L)
4-6 Légère	A peine détectable	Humide	Humide et chaude	-	normal	<38,5 et extrémités chaudes	Debout, légère dépression	40-45	70-80
6-8 Modérée	++	+/- humide	Collante ou sèche	2-4	diminué	38,5 extrémités assez froides	Debout, légère dépression	50	80-90
8-10 Sévère	+++	Sèche	Collante ou sèche	6-10	Diminué voire absent	38,5 extrémités froides	Anorexie, décubitus sterno-abdominal, dépression marquée	55	90-100
10-12 Sévère	++++	Sèche	Sèche, froide et cyanosée	20-45 (perte totale élasticité)	absent	<38 extrémités glacées	Anorexie, décubitus latéral	60	120
12-15 Fatale	+++++	Sèche	Sèche froide et cyanosée	Perte totale d'élasticité	absent	<37 extrémités glacées	Coma puis mort	>60	>120

2. Acidose

Il est aujourd'hui admis qu'il est tout autant important de corriger la déshydratation d'un veau en diarrhée que son acidose, bien que les deux ne soient pas systématiquement corrélées (Grove-White, 1998).

On parle d'acidose lorsque le pH sanguin est inférieur à 7,35 (valeurs usuelles = 7,35-7,45).

a. Mécanisme

Les facteurs responsables de l'acidose sont :

- les pertes en bicarbonates sanguins : la fuite vers l'intestin des bicarbonates sanguins fait que, de 20-25mmol/L (chiffres normaux), la "réserve alcaline" peut atteindre moins de 10mmol/L dans les cas d'acidoses graves ;
- la surproduction d'acide L-lactique : L'acide lactique est produit à partir du glucose, lors du métabolisme anaérobie, la glycolyse, lorsque la perfusion des tissus est faible ;
- la diminution de l'excrétion rénale des protons (conséquence de la déshydratation);
- la production excessive de certains acides organiques (exemple : acide D-lactique) par une flore intestinale anormale (essentiellement *Lactobacillus* spp.). La production d'acide D-lactique résulte de la fermentation de carbohydrates dans le tube digestif des veaux nourris au lait et est fréquemment retrouvé chez les veaux malades, atteints ou non de diarrhée. Il s'agit de la composante majeure de l'acidose métabolique généralement retrouvée chez les veaux diarrhéiques, chez les veaux acidotiques sans signes de déshydratation et chez les veaux en acidose ruminale. La plupart des signes cliniques retrouvés chez un veau en acidose (troubles nerveux, ataxie, coma) doivent être attribués à l'augmentation de la concentration en D-lactate (Berchtold, 2009). De plus, l'élimination chez les ruminants du D-lactate est moins rapide que le L-lactate ;
- la baisse des capacités métaboliques du foie qui transforme moins de lactate en glucose.

b. Implication de l'âge des veaux

Les veaux de moins de 8 jours et ceux âgés de plus de huit jours ne développent pas le même type d'acidose. En effet, Naylor (Naylor, 1987) a montré que la sévérité, la nature et le degré de compensation respiratoire de l'acidose chez les veaux diarrhéiques variaient avec l'âge de ceux-ci. Les jeunes veaux de moins de huit jours ont une plus forte tendance à développer des acidoses lactiques, alors que ceux âgés de plus de huit jours développent surtout une acidose non-lactique. Plusieurs phénomènes peuvent expliquer cette différence. Les jeunes veaux de moins de huit jours sont plus sujets aux infections par *E. coli* entéro-toxinogène ; cette dernière entraîne une déshydratation très rapide qui engendre une sévère anoxie tissulaire favorisant la production d'acide lactique. En parallèle les veaux plus âgés sont susceptibles de présenter une anorexie plus longue et un stock de glycogène plus faible. Ce défaut d'apport de glucose, associé à l'anoxie tissulaire, réduit l'utilisation anaérobie du glucose et donc la formation d'acide lactique.

c. Estimation clinique de l'acidose métabolique

Sur le terrain, les tests de laboratoire pour détecter une acidose ne sont que rarement disponibles dans l'urgence de l'intervention. Il est toutefois possible d'estimer le degré d'acidose d'après l'âge du veau et son comportement (Naylor et al., 2003).

La détermination lors de l'examen clinique, d'une valeur indicative de l'excès de base permet au clinicien de déterminer s'il y a une acidose et si elle est sévère ou non. Bellino (Bellino et al., 2012) estime que l'acidose est sévère si l'excès de base est inférieur à -10mmol/L. Cette indication de sévérité est importante puisqu'elle conditionne la suite du traitement. Diverses méthodes, basées uniquement sur l'examen clinique, permettent d'estimer le degré d'acidose.

i. Méthode permettant de définir l'excès de base à partir de la position du veau et du réflexe de succion

Cette méthode prend en compte la posture du veau et son réflexe de succion. Le degré d'acidose du veau présentant une diarrhée se révèle être nul ou faible (en fonction de l'âge) lorsque le veau se tient debout et qu'il a un bon réflexe de succion : plus ce réflexe diminue, plus le veau est couché et plus le degré d'acidose augmente (Tableau VI).

Tableau VI : Prédiction du déficit de base d'après le comportement chez des veaux présentés pour diarrhée (Naylor et al., 2003).

Description du veau	Déficit de base (mmol/L) du veau âgé de moins de 8 jours	Déficit de base (mmol/L) du veau âgé de plus de 8 jours
Debout, réflexe de succion prononcé	0	5
Debout, faible réflexe de succion	5	10
Décubitus sternal	10	15
Décubitus latéral	10	20

ii. Méthode permettant de définir l'excès de base en fonction de la déshydratation de l'animal

Cette méthode est basée sur le degré de déshydratation et permet de définir le déficit de base (Tableau VII). L'inconvénient majeur repose sur le fait que l'on estime le déficit de base avec déjà une estimation de la déshydratation. Aucun critère clinique réel n'est pris en compte. Dans ce cas-là, aucune distinction n'est réalisée en fonction de l'âge du veau.

Tableau VII : Corrélation entre le degré de déshydratation et le déficit de base (Corke, 1988 ; Ravary et al., 2006)

Degré de déshydratation (%)	Déficit en base probable du liquide extracellulaire (mEq/L)
0	0
5	5
7	10
9	15
12	20

iii. Méthode permettant de définir le déficit de base en fonction de l'activité cardiaque, du tonus musculaire et de la tonicité du veau

Ravary-Plumioën et ses collègues (Ravary-Plumioën, 2009) ont établi un tableau de même type (Tableau VIII). Ils se basent également sur l'activité cardiaque, le tonus musculaire et la tonicité du veau en diarrhée. L'âge du veau ne rentre plus en compte.

Tableau VIII: Evaluation du déficit de base en mmol/L en fonction des signes cliniques du veau (Ravary-Plumioën, 2009)

Clinical signs	Base deficit (mmol/l)
Stillborn (toneless, no head-righting reflex, cardiac activity absent).	25
Toneless, no head-righting reflex but cardiac activity present.	25
Low tonicity, lateral recumbency with head requiring support, reduced response to stimuli.	9
Normal tonicity, head erect, normal response to stimuli.	1

iv. Méthode permettant d'estimer la sévérité de l'acidose, sans estimer le déficit de bases

En 2012, Bellino et ses collègues (Bellino et al., 2012) ont mis au point un diagramme (Figure 8), très fonctionnel pour le praticien sur le terrain, se basant sur le réflexe de succion, l'état des muqueuses, l'état neurologique et la posture du veau diarrhéique. Ce diagramme ne permet pas de déterminer la valeur de l'excès de base de façon précise, mais permet de connaître la sévérité de l'acidose : elle est sévère en dessous de -10mmol/L (à l'intérieur du rectangle en bas à droite) et moins sévère au-dessus (à l'extérieur du rectangle). La sensibilité est de 88% et la spécificité de 79%. Cette méthode est rapide pour le praticien, visuelle et facilement réalisable sur le terrain.

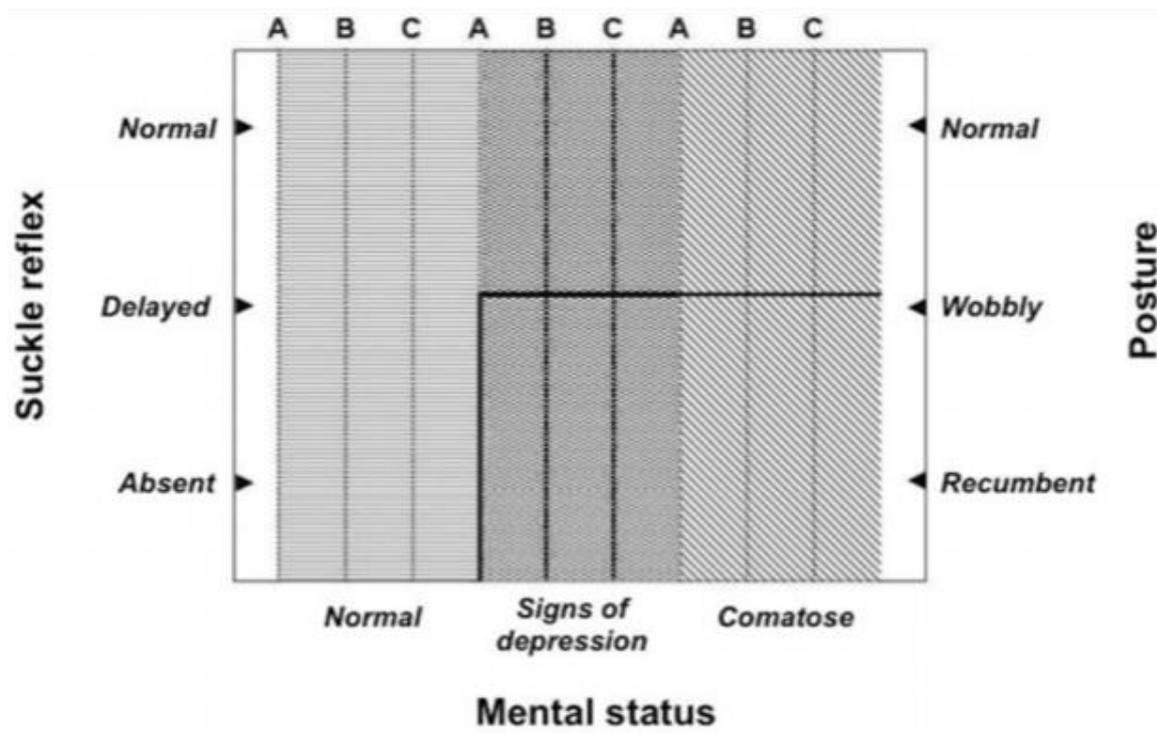


Figure 8: Diagramme permettant l'évaluation de la sévérité de l'acidose chez les veaux diarrhéiques.

Légende : Les lettres majuscules A, B et C correspondent respectivement à : absence d'énophtalmie, présence d'énophtalmie ou muqueuse buccale froide et enfin, présence d'énophtalmie et muqueuse buccale froide. Pour utiliser ce diagramme, il suffit de tracer un trait reliant les deux axes verticaux des ordonnées en fonction de l'état du veau. Il faut ensuite choisir dans quelle catégorie neurologique placer l'animal. Enfin l'intersection entre la ligne reliant les deux ordonnées et la ligne verticale A, B ou C permet de situer l'animal soit à l'extérieur, soit à l'intérieur du rectangle.

v. *Méthode permettant d'estimer le déficit de base à partir de l'établissement d'un score clinique*

Kasari et Naylor (Kasari, Naylor, 1986) ont mis en place un score clinique permettant de donner une valeur de l'excès de base en fonction de l'âge du veau (Tableau IX). Cette méthode est facilement réalisable pour le praticien sur le terrain. Elle prend en compte la qualité du réflexe de succion, la réponse du réflexe à la menace, la sensibilité tactile, la capacité à se tenir debout, la chaleur de la cavité buccale, la chaleur des extrémités ainsi que l'âge du veau. Cette méthode est la seule utilisant le réflexe à la menace : il s'agit en fait du moyen le plus important pour détecter une D-lactatémie.

Tableau IX: Evaluation du score clinique du veau diarrhéique et détermination du déficit de base en fonction de l'âge de l'animal (Kasari, Naylor, 1986 ; Chantreau, 2015)

1/ÉVALUATION DU SCORE CLINIQUE			
PARAMÈTRE	MÉTHODE D'ÉVALUATION	INTERPRÉTATION	SCORE
Réflexe de succion	Doigt dans la gueule au contact de la muqueuse palatine	Succion forte et organisée	0
		Succion ordonnée mais faible	1
		Mâchonnement désorganisé	2
		Absent	3
Réflexe à la menace	Mouvement rapide de la main face à l'œil	Réflexe instantané et fort	0
		Réflexe diminué	1
		Absent	2
Sensibilité tactile	Pincement de la peau sur les lombaires	Tressaillement cutané et le veau regarde son flanc	0
		Tressaillement cutané uniquement	1
		Absence de réaction	2
Capacité à tenir debout	Stimulation des côtes, faire marcher	Se lève et marche bien	0
		Ne se lève pas ou démarche ébrieuse	2
Chaleur de la cavité buccale	Doigt dans la gueule	Normale	0
		Froide	1
		Gelée	2
Chaleur des extrémités	Palpation des boulets	Normale	0
		Froide	1
		Gelée	2

© KASARI 1986

2/DÉFICIT DE BASE EN MMOL/L À PARTIR DU SCORE CLINIQUE													
Score total	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Déficit en base. Veau > 8 jours non déshydraté	13	14	16	17	19	21	22	24	26	27	29	31	33
Déficit en base. Veau < 8 jours et/ou très déshydraté	8	9	11	12	14	16	17	18	21	22	24	26	31

© KASARI 1986

d. Mesure précise de l'acidose

L'examen clinique ne permettant pas d'apprécier de façon précise le degré d'acidose métabolique, il est donc parfois nécessaire d'avoir recours à des examens complémentaires plus poussés.

i. Paramètres mesurés

- Le pH : La valeur mesurée du pH sanguin permet de déterminer si le pH est trop haut ou trop bas (alcalose = $\text{pH} > 7,45$ ou acidose = $\text{pH} < 7,35$) (NAVETAT et al., 2007).

-Le bicarbonate : La concentration en bicarbonate sanguin, $[\text{HCO}_3^-]$, permet de déterminer si l'acidose est d'origine métabolique ou respiratoire. En effet si la concentration en bicarbonate

n'est pas augmentée, l'acidose est respiratoire. En revanche, l'acidose est métabolique lorsque la concentration en bicarbonate est réduite.

- Le pH urinaire : Il est possible de déterminer le pH urinaire à l'aide de bandelettes (peu précis), de papier pH (plus ou moins précis) ou d'un pH-mètre portable. Ceci a pour avantage de vérifier rapidement que le veau est en acidose et non en alcalose par exemple.

Avec la bandelette urinaire, le pH urinaire doit se situer dans la fenêtre de pH 5-7. Avec le pH-mètre le pH urinaire doit être de 6,5 (Amiot, 2015). Attention tout de même à l'absence de corrélation fiable entre le pH urinaire et sanguin. Le pH urinaire ne peut donc pas être utilisé pour déterminer la quantité de bicarbonate à perfuser. Il permet seulement d'indiquer, s'il est supérieur à 6,5, le risque de modification du ionogramme ainsi qu'un pronostic moins favorable pour l'animal (Franchi, Belliard, 2017).

Pour récupérer l'urine, il convient de frotter le bout du fourreau pour le mâle ou de la vulve pour la femelle. Une cystocentèse est également praticable en utilisant une aiguille de 18G de 40 mm, en piquant en avant de la symphyse pubienne, en regard des mamelles, légèrement en direction caudale (Amiot, 2015).

-Les gaz du sang : leur mesure permet une approche plus détaillée du degré de désordre électrolytique et acidosique du veau diarrhéique. Ils permettent essentiellement d'adapter au mieux la fluidothérapie à l'animal. Ces résultats permettent de déterminer facilement si l'acidose est métabolique ou respiratoire et si elle est compensée ou non (Franchi, Belliard, 2017).

ii. Paramètres calculés

-L'identification d'un déséquilibre acido-basique peut être mis en évidence en utilisant deux des trois paramètres : pH, PCO_2 , et $[HCO_3^-]$, grâce à l'équation d'Henderson-Hasselbalch :

$$pH = 6,1 + \frac{\log[HCO_3^-]}{a PCO_2}$$

« a » représente une constante de solubilité égale à 0,0301 et PCO_2 représente la quantité de CO_2 dissous (NAVETAT et al., 2007).

-Trou anionique : le calcul du trou anionique TA permet d'apprécier l'accumulation d'acides organiques :

$$TA (mmol.L^{-1}) = [Na^+] + [K^+] - [Cl^-] - [HCO_3^-]$$

L'augmentation du trou anionique signe une acidose métabolique liée à l'accumulation d'acides organiques comme les lactates, le pyruvate ou l'albumine. En revanche, lors de pertes de bicarbonates seuls entraînant l'acidose, la valeur du trou anionique est normale (NAVETAT et al., 2007).

-Excès de base : L'excès de base (EB) est la différence entre la valeur calculée des bases tampons du sujet étudié et celle d'un sujet sain. Le résultat en mmol/L est exprimé en excès de base, même si elle est négative.

Navetat, Rizet et leurs collègues (NAVETAT et al., 2007) proposent une formule de calcul de l'excès de base à partir des mesures de la concentration en bicarbonates et du pH.

$$EB \text{ (mmol.L}^{-1}\text{)} = [\text{HCO}_3^-] - 25 + 16,2(\text{pH} - 7,40)$$

-Les lactates : le dosage des lactates n'est réalisable en routine sur le terrain que pour le L-lactate. Or l'importance du D-lactate n'est pas négligeable (Ewaschuk et al., 2004) lors des diarrhées néonatales bovines, ce qui fait que cette mesure n'est pas adaptée à ce contexte (Guyot et al., 2014).

e. Prélèvements

Le prélèvement sanguin théorique se fait au niveau d'une artère. En pratique le sang est récolté au niveau de la veine jugulaire. Les résultats entre les sangs veineux et artériels sont proches pour les valeurs du bicarbonate. Le pH et la pCO₂ sont légèrement supérieurs dans le sang veineux (NAVETAT et al., 2007).

f. Appareils de mesures

-Analyseurs sanguins :

Différents types d'analyseurs sur le marché sont utilisés comme l'appareil Vetstat du laboratoire Idexx : il fonctionne sur des échantillons de sang total, plasma ou sérum et donne les résultats du pH, des gaz du sang, du trou anionique, des bicarbonates entre autres. L'analyse doit être réalisée dans les 15 minutes. L'appareil utilise des cassettes jetables à usage unique. L'inconvénient de ce type d'appareil est qu'il n'est pas transportable sur les exploitations agricoles. Il existe un analyseur portable de l'entreprise KITVIA, nommé EPOC permettant d'obtenir les gaz du sang au chevet du veau (Kitvia, 2018).

-pH sanguin au chevet du veau : La mesure du pH sanguin peut se faire à l'aide d'un pH-mètre portable, mais Naylor (Naylor et al., 2003) a remarqué des incohérences entre les pH-mètres portables et les analyseurs des gaz sanguins, qui l'ont conduit à établir une grille de conversion (Tableau X).

Tableau X: Relation entre les valeurs d'excès de base et le pH sanguin obtenu avec un pH-mètre portable et un analyseur automatisé des gaz sanguins (Naylor et al., 2003).

pH sanguin (pH-mètre portable)	pH sanguin (analyseur des gaz sanguins)	Valeurs d'excès de base (mmol/L)
6,8 - 6,94	6,78 - 6,87	-31,8 à -26,22
6,95 - 7,09	6,88 - 6,96	-25,82 à -20,27
7,1 - 7,24	6,97 - 7,06	-19,88 à -14,33
7,25 - 7,39	7,07 - 7,15	-13,93 à -8,39
7,4 - 7,54	7,16 - 7,25	-7,99 à -2,44
7,55 - 7,69	7,26 - 7,35	-2,05 à 3,5
7,7 - 7,85	7,36 - 7,45	3,89 à 9,83

3. Glycémie

L'hypoglycémie est fréquente chez le veau diarrhéique. Elle est la conséquence de la diminution de l'ingestion et de la digestion, fréquentes dans les diarrhées par malabsorption-maldigestion. L'absorption intestinale des nutriments est souvent limitée et accompagnée d'une augmentation du métabolisme basal pour lutter contre la maladie. Il existe néanmoins une possible hyperglycémie observable en tout début d'évolution. Au départ d'une septicémie avec endotoxémie, les réserves en glycogène hépatique sont mobilisées et il n'est pas rare de constater des valeurs de glycémie comprises entre 14 et 18 g/L. Cette hyperglycémie diminue très rapidement lorsque l'infection perdure (Guin, 2014).

La glycémie peut être facilement mesurée avec un glucomètre portable, du type Optium XCEED, Abbott ou bien, avec un analyseur de biochimie classique.

Chez le veau nouveau-né, la valeur normale de la glycémie est environ le double de celle de l'animal adulte : 6,5 à 7mmol/L (Francoz, Couture, 2014) soit 0,55-0,95g/L (NAVETAT et al., 2007). Chez le veau diarrhéique, une glycémie comprise entre 2,5 et 6,5mmol/L n'est pas considérée comme anormale. On parlera d'hypoglycémie entre 1 et 2,5mmol/L et d'hypoglycémie sévère si la glycémie est inférieure à 1mmol/L (Naylor et al., 2003).

4. Urémie

L'intérêt chez le veau en diarrhée de doser l'urée est de détecter précocement les déshydratations (Otter, 2013 ; Amiot, 2015). Consécutives à l'hypovolémie, la diminution de la diurèse entraîne l'augmentation de l'urémie (Ravary et al., 2006) bien qu'une augmentation de l'urémie soit également révélatrice d'un problème alimentaire ou d'un défaut de filtration rénale (Otter, 2013 ; Grove-White, 2007).

Le dosage de l'urée est réalisé sur un sang prélevé sur tube hépariné. Il ne se réalise pas au chevet du veau mais au laboratoire. Chez le veau, l'urémie se situe entre 7 et 20 mg/dL soit 0,07 à 0,2g/L (Amiot, 2015).

5. Température centrale et périphérique

Communément appelée fièvre, l'hyperthermie est une élévation de la température basale. Elle est causée par des facteurs exogènes ou endogènes : ce sont des facteurs pyrogènes. Ils sont capables de stimuler les cellules vasculaires et périvasculaires de l'hypothalamus pour produire des prostaglandines (PGE2). Ces dernières sont responsables d'une dérégulation du centre de la température siégeant dans l'hypothalamus. Les produits bactériens, dont le plus important est le LPS (lipopolysaccharide), stimulent les leucocytes à produire IL-1 et TNF- α . Ces deux cytokines sont les responsables de l'activation des cyclooxygénases et de la conversion de l'acide arachidonique en prostaglandines, dont la PGE2.

L'hypothermie est à la fois causée par une sévère acidose et une sévère déshydratation, qui interfèrent avec l'homéostasie de la température. Ainsi, les effets combinés de la déshydratation et de l'acidose sont reflétés dans la sévérité de l'hypothermie (Naylor, 1987).

La température centrale est mesurée à l'aide d'un thermomètre digital, en voie rectale. L'appréciation de la température périphérique se fait en plaçant la main autour du boulet ou des oreilles : elle peut être normale, fraîche ou froide. Cette appréciation demeure tout de même subjective (Ravary et al., 2006). Les valeurs normales de la température rectale du veau nouveau-né se situent entre 38,5 et 39,5°C.

6. Kaliémie

En dehors des valeurs extrêmes, la kaliémie reflète mal le bilan potassique global. La valeur de la kaliémie dépend de l'équilibre acido-basique ; les acidoses métaboliques entraînent des transferts d'électrolytes transcellulaires : les ions K^+ sortent de la cellule et se retrouvent dans le liquide extra-cellulaire, alors que l'inverse se produit pour les ions H^+ (Weldon et al., 1992).

La déshydratation contribue également à cet état d'hyperkaliémie par diminution du flux sanguin rénal, ce qui ne favorise pas l'excrétion potassique dans les urines (Weldon et al., 1992). En réponse à l'hypovolémie, la réabsorption de sodium par les tubules proximaux entraîne une diminution de l'excrétion de sodium et d'eau par le tubule proximal sodium-dépendant, ce qui entraîne une accumulation de potassium (Weldon et al., 1992).

L'évaluation clinique d'une hyperkaliémie est non pathognomonique et se traduit par une faiblesse des muscles squelettiques, des arythmies cardiaques, des blocs ; à l'électrocardiogramme on observe des complexes QRS de plus longue durée et des dépolarisations prolongées du ventricule (Trefz et al., 2013). Sans traitement rapide, une fibrillation ventriculaire se met en place ainsi qu'une asystolie (Weldon et al., 1992) qui peuvent conduire à la mort de l'animal.

La mesure de la kaliémie est effectuée en laboratoire sur du sang prélevé sur tube hépariné.

La kaliémie diffère légèrement si le veau est âgé de moins de 8 jours ou non. Pour le veau âgé de moins de 8 jours, $[K^+]$ est comprise entre 4,6 et 5,0mmol/L, alors que pour le veau de plus de 8 jours, elle est comprise entre 4,8 et 5,2mmol/L (Ravary et al., 2006). On parle d'hyperkaliémie lorsque la concentration sérique en potassium est supérieure à 5,5mmol/L.

L'hyperkaliémie sera traitée via la correction de l'acidose, puisque le co-transport K^+/H^+ permettra aux ions potassium de retourner dans la cellule alors que les ions H^+ en sortiront (Grove-White, 2007).

7. Natrémie

En cas de diarrhée, il est possible que l'individu atteint ait une hypernatrémie. Ce cas se produit surtout chez les veaux de moins d'un mois (Ulutas, Sahal, 2005). Ceci s'explique par l'activation du système rénine-angiotensine. Cette dernière a lieu lors de la réduction de la pression sanguine, qui favorise la sécrétion de rénine qui elle-même induit la sécrétion d'angiotensine II. L'angiotensine II entraîne la sécrétion d'aldostérone par les glandes surrénales ce qui favorise la rétention de sodium, surtout au niveau du tubule distal et des canaux collecteurs (Ulutas, Sahal, 2005). Cependant cette hypernatrémie n'est pas toujours

présente et varie avec l'âge du veau. Dratwa-Cha a montré en 2012 (DRATWA-CHA, UPNIK, 2012), qu'aucune variation de concentration en sodium n'avait lieu chez les jeunes veaux diarrhéiques âgés d'au maximum 2 semaines. Cependant, chez les veaux plus âgés (entre 1 et 5 mois), la natrémie diminue mais est moins affectée par les pertes digestives et rénales.

Chez le veau âgé de moins de 8 jours, la natrémie se situe entre 138 et 140mmol/L. Elle est légèrement supérieure chez le veau âgé de plus de 8 jours, puisqu'elle se situe entre 139 et 141mmol/L (Ravary et al., 2006). Ces valeurs ne font pas consensus puisque A. Dratwa-Cha et ses collègues ont montré dans leur étude de 2016 (DRATWA-CHA et al., 2016), que la natrémie du veau de 2 semaines était de 126,68mmol/L et celle du veau de 3 semaines de 140,97mmol/L.

8. Chlorémie

Certaines études dans le passé, ont cherché à montrer que les veaux atteints de diarrhée étaient en hyperchlorémie ou hypochlorémie. Cependant, Ulutas et Sahal en 2005 n'ont pu démontrer aucun résultat significatif dans leur étude (Ulutas, Sahal, 2005).

9. Hématocrite

L'hématocrite se définit comme le volume d'hématies sur le volume sanguin total. L'hématocrite est relié au taux d'hémoglobine ainsi qu'à la numération globulaire. Ces trois paramètres varient dans le même sens. Ainsi, le taux d'hématocrite diminue lors d'une anémie mais augmente lors de déshydratation. Il peut être mesuré par micro-centrifugation (5000 à 10 000 tours minutes), le sang doit être prélevé sur un tube contenant de l'héparine (Drieu, 2009). Sa valeur doit être comprise entre 24 et 46% (Ravary et al., 2006).

10. Arythmie cardiaque

Les arythmies cardiaques ne sont pas courantes chez les veaux. Lorsqu'elles sont détectées, une septicémie, une endotoxémie, une malformation congénitale, un syndrome de myopathie dyspnée, une intoxication, une hypoglycémie ou un désordre électrolytique doivent être pris en compte. Les variations sériques en potassium, en particulier l'hyperkaliémie, peuvent réellement affecter l'activité myocardique (Weldon et al., 1992).

VI. Bases du traitement des gastro-entérites néonatales

1. Fluidothérapie

La fluidothérapie est la base du traitement des diarrhées néonatales. Il existe deux types de fluidothérapie : intraveineuse (I.V.) ou *per os*.

Le but de la fluidothérapie, qu'elle soit intraveineuse ou orale est de (Smith, Berchtold, 2009) :

- corriger la déshydratation.
- corriger l'acidose métabolique.
- corriger les désordres électrolytiques.
- corriger le déficit énergétique.
- faciliter la réparation des lésions intestinales.

a. La réhydratation intraveineuse

En plus des buts généraux de la fluidothérapie, la voie intraveineuse permet également de (Berchtold, 2009):

- restaurer rapidement le volume de sang circulant.
- corriger la dépression nerveuse et restaurer le réflexe de succion.
- diminuer la concentration en D-lactate.

Le choix de la fluidothérapie en I.V. (par rapport à une fluidothérapie *per os*) est basé essentiellement sur le degré de déshydratation (Berchtold, 2009) :

- diminution de plus de 8% du poids corporel, ce qui correspond à un degré de déshydratation supérieur à 8%.
- sévère dépression ou coma, absence de réflexe de succion.
- faiblesse, signes nerveux, incapacité à se lever.
- anorexie depuis plus de 24h.
- température rectale inférieure à 38°C.

Ainsi, l'animal répondant à au moins un de ces critères doit avoir en priorité une réhydratation parentérale intraveineuse.

Il existe de nombreuses spécialités sur le marché destinées à la réhydratation systémique du veau. Les solutions sont classées en fonction de leur composition en colloïdes ou cristalloïdes et ces dernières, en fonction de leur osmolarité : hypotonique, isotonique ou hypertonique (Berchtold, 2009).

Les solutions cristalloïdes contiennent essentiellement des électrolytes dont les ions sodium et chlorure et des composants organiques comme le dextrose ou le lactate. Elles sont distribuées largement dans tous les compartiments du corps. Les solutions isotoniques contiennent environ 140 à 150mmol/L de sodium et 25 à 35mmol/L de bicarbonate (Grove-White, 2007). Leur isotonicité se rapproche de celle du plasma (environ 300 mOsm/L). Les solutions hypertoniques sont également largement utilisées lors de GENN : il s'agit dans la majorité des cas des solutions contenant du bicarbonate.

Les solutions colloïdes contiennent des molécules de haut poids moléculaire, trop larges pour passer les membranes cellulaires. Elles restent donc strictement dans le plasma et permettent donc une restauration du volume plasmatique. Ces solutions sont essentiellement le sang total, le sang artificiel, le plasma et le dextrans. Cependant, ces solutions sont peu utilisées en France et ne permettent pas de corriger une acidose trop importante.

Le volume total à perfuser se calcule à partir de la formule :

$$V(L) = \% \text{ deshydratation} \times PV(kg)$$

Il faut néanmoins bien prendre en compte les besoins d'entretien si la fluidothérapie intraveineuse reste en place plus que le temps d'une visite en ferme. Dans ce cas, la formule couvrant également les besoins d'entretien pour 6 heures est (Franchi, Belliard, 2017):

$$V(L) = \% \text{ deshydratation} \times PV(kg) + 0,035 \times PV(kg)$$

Il est important de garder à l'esprit que la vitesse (de même que la quantité de perfusion à apporter au veau) doit être guidée par la réponse clinique. La vitesse de perfusion est rapide : jusqu'à 80 mL/kg/h pour les 2 à 3 premiers litres dans le but de restaurer rapidement le volume circulant. Le liquide permettant les corrections acido-basiques doit être perfusé plus lentement de façon à couvrir la moitié des besoins en 6 à 12 heures. La perfusion de bicarbonate doit être réalisée avec prudence. En effet un apport trop rapide ou en trop grande quantité peut entraîner un état d'alcalose transitoire dû à la métabolisation des anions entraînant la production de bicarbonate. Le déficit restant sera compensé par le veau lui-même via la compensation rénale. Si les besoins sont supérieurs, alors ils seront apportés plus lentement sur 24 à 48h (Grove-White, 2007).

b. La fluidothérapie par voie orale

La réhydratation par voie orale est choisie lorsque (Rollin, 2002) :

- le veau a conservé un réflexe de succion.
- il ne présente pas d'iléus paralytique.
- il ne souffre pas d'acidose sévère.
- son état ne s'aggrave pas rapidement.

Certains éleveurs réhydratent les veaux diarrhéiques incapables de téter, à la sonde œsophagienne. Cette pratique n'est pas recommandée mais peut être utilisée à condition que le veau ne soit pas en choc ou en iléus paralytique. Administrée de cette façon, la solution réhydratante orale arrive dans le rumen et le glucose ou lactose qu'elle contient sera fermenté avec production de L- et D-lactate et développement d'une acidose ruminale (Rollin, 2002). Il faut rester vigilant lors de sondage œsophagien, au risque de fausse déglutition et de sondage trachéal, notamment chez l'animal débilité, moins réactif et expressif.

Les buts de la fluidothérapie *per os* sont ceux déjà cités et communs à la fluidothérapie intraveineuse. La fluidothérapie orale permet également d'apporter un support nutritionnel (Smith, 2009).

Un réhydratant oral doit permettre d' (Smith, Berchtold, 2014):

- apporter suffisamment de sodium pour normaliser le volume extracellulaire.
- apporter des agents facilitant l'absorption d'eau et de sodium dans l'intestin comme le glucose, le citrate, l'acétate, le propionate ou la glycine.
- apporter des agents alcalinisant comme l'acétate, le propionate ou le bicarbonate pour corriger l'acidose.
- apporter de l'énergie.

Les solutions réhydratantes orales (SRO) ont une composition similaire à celle du liquide extracellulaire, avec de l'énergie en plus. Une partie de cette énergie sera sous forme de glucose ; l'autre sous forme alcalinisante. Le pouvoir réhydratant d'une SRO est directement proportionnel à la concentration en sodium. La pression osmotique de la solution située entre 400 et 600 mOsm/L permet une vidange optimale de la caillette, cependant, une hyperosmolarité de la solution, entre 600 et 700 mOsm/L permet une absorption optimale car il s'agit de l'osmolarité qui règne au sommet des villosités intestinales lors de phases d'absorption active (Rollin, 2002).

c. Correction de l'acidose métabolique

La correction de l'acidose se fait principalement grâce au bicarbonate de sodium et au Ringer Lactate.

Les besoins en bicarbonate peuvent être calculés selon plusieurs méthodes.

i. Méthodes nécessitant des calculs

Par le calcul, il est possible de déterminer la quantité de bicarbonate nécessaire. Différentes formules sont disponibles, même si elles sont liées. Une seule est donnée ici :

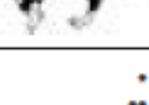
$$\begin{aligned} \text{NaHCO}_3 \text{ requis (mmol)} \\ &= \text{poids corporel (kg)} \times \text{déficit de base (mmol.L}^{-1}\text{)} \\ &\times 0,5 \end{aligned}$$

Le facteur 0,5 est volume de distribution du bicarbonate dans le veau (calculé expérimentalement, chiffre variant selon les études) (Kasari, Naylor, 1986 ; Naylor et al., 2003 ; Chantreau, 2015). Cette méthode nécessite auparavant de connaître l'excès de base, soit par une estimation, soit par une donnée chiffrée fournie lors de l'analyse des gaz du sang.

ii. Méthode ne nécessitant pas de calculs

Afin de faciliter la prise en charge de l'animal sur le terrain, le praticien peut utiliser des grilles de conversion. L'exemple fourni ici utilise le poids du veau, son âge et son statut clinique afin de connaître la quantité de bicarbonate à lui apporter (Tableaux XI et XII).

Tableau XI: Prédiction du déficit de base et des besoins totaux de bicarbonate de sodium d'après le comportement chez des veaux diarrhéiques âgés de moins de 8 jours (Naylor et al., 2003)

Évaluation clinique		Déficit de base (mmol/L)	Traitement						
Visuelle	Descriptive		30 kg	35 kg	40 kg	45 kg	50 kg	55 kg	60 kg
	Debout, réflexe de succion prononcé	0	Oral*						
	Debout, faible réflexe de succion								
	Décubitus sternal	10	Intraveineux**						
	Décubitus latéral	10	150	175	200	225	250	275	300

* devrait comprendre au moins 60 mmol/L d'acétate ou de bicarbonate
 ** Besoins totaux de bicarbonate pour la fluidothérapie intraveineuse, mmol

Tableau XII: Prédiction du déficit de base et des besoins totaux de bicarbonate de sodium d'après le comportement chez des veaux diarrhéiques âgés de plus de 8 jours (Naylor et al., 2003)

Évaluation clinique		Déficit de base (mmol/L)	Traitement						
Visuelle	Descriptive		30 kg	35 kg	40 kg	45 kg	50 kg	55 kg	60 kg
	Debout, réflexe de succion prononcé	5	Oral*						
	Debout, faible réflexe de succion								
	Décubitus sternal	15	Intraveineux**						
	Décubitus latéral	20	300	350	400	450	500	550	600

* devrait comprendre au moins 60 mmol/L d'acétate ou de bicarbonate
 ** Besoins totaux de bicarbonate pour la fluidothérapie intraveineuse, mmol

d. Choix du soluté

Bellino et ses collègues (Bellino et al., 2012) choisissent le fluide à administrer en fonction de la sévérité de l'acidose. Si elle n'est pas sévère (supérieure à -10mmol/L), il administre comme solution alcalinisante du Ringer Lactate et si elle est sévère (inférieure à -10mmol/L) il administre une solution de bicarbonate de sodium.

Différentes solutions contenant du bicarbonate sont trouvées dans le commerce. Leur concentration est variable et permet d'adapter à chaque animal la posologie de bicarbonate. Les plus couramment utilisées comme le Spéciale 2411[®], le Lodevil[®] et le D Hydrat[®] possèdent une concentration en bicarbonate respectivement de 474mmol/L, 50,4mmol/L et 120mmol/L.

e. Correction de l'hypoglycémie

La mesure de la glycémie présente un intérêt puisqu'une hypoglycémie peut également être corrigée grâce à la perfusion. Des solutés glucosés peuvent alors être utilisés. Les apports recommandés en fonctions de la glycémie sont récapitulés dans le Tableau XIII (Franchi, Belliard, 2017) :

Tableau XIII: Apports de glucose recommandés en fonction de la glycémie

Glycémie (g/L)	Apport de glucose
< 0,25	80g
0,25-0,80	50g
0,80-1	20g

f. Alimentation lactée durant la fluidothérapie

Dans les cas nécessitant la réhydratation parentérale, il est impossible de continuer à alimenter le veau au lait du fait de la diminution ou de l'absence de reflexe de succion. De plus, si le veau est sondé, le lait se retrouve alors dans le rumen où il est dégradé, ce qui entraîne une nouvelle diarrhée (Rollin, 2002).

Lors d'une réhydratation par voie orale, le lait peut continuer à être distribué au veau, avec la même quantité que s'il n'était pas malade. Cela lui permet de continuer sa croissance lors de diarrhée car malgré les lésions intestinales présentes, certaines parties du tube digestif restent tout de même capables de digérer le lait. De plus, le lait contient des molécules essentielles à la régénération des entérocytes.

Cependant l'administration du lait doit être fractionnée et le veau ne doit boire qu'en petites quantités. Ainsi la formation du caillé est facilitée et ce dernier permet une libération lente et progressive des nutriments dans l'intestin grêle, pour faciliter la digestion et l'absorption par la muqueuse endommagée. Cependant, le lait et les électrolytes doivent être séparés de 4 heures au minimum afin de ne pas empêcher la coagulation du lait dans la caillette et sa digestion (Rollin, 2002).

2. Anti-inflammatoires

L'usage des anti-inflammatoires non-stéroïdiens (AINS) est controversé lors de diarrhées néonatales. L'effet anti-inflammatoire des AINS soulage la douleur intestinale et abdominale, la fièvre, ce qui améliore l'appétit et le taux de croissance des veaux (Abuelo, 2016). Ils sont contre-indiqués chez le patient hypovolémique à cause du risque d'insuffisance rénale en bloquant la synthèse des prostaglandines E, elles-mêmes intervenant dans la restauration de l'intégrité de la muqueuse intestinale, ce qui en fait un point contre l'usage des AINS chez le veau diarrhéique. D'un autre côté les prostaglandines jouant un rôle important dans le mécanisme de production de l'hypersécrétion digestive, les AINS jouent un rôle positif dans ce type de diarrhée comme les diarrhées dues aux ETEC (Grove-White, 2007). De plus certains AINS comme le meloxicam et la flunixin meglumine, aident à contrecarrer une possible endotoxémie et/ou bactériémie causées par des pathogènes tels que *E. coli* ou *S. enterica* (Constable, 2009). Ainsi pour éviter une insuffisance rénale due aux AINS mais bénéficier de ses avantages, il est préconisé de les administrer après la fluidothérapie.

3. Antibiotiques

L'utilisation des antibiotiques lors de diarrhées néonatales est aujourd'hui de plus en plus controversée et son usage n'a plus lieu d'être lors de diarrhée sans hyperthermie, sans baisse d'appétit, sans déshydratation et sans autres maladies présentes comme une omphalite ou une pneumonie (Constable, 2009).

Environ 30% des veaux atteints de diarrhée développent une bactériémie due à *E. coli*. Dans ce cas, l'usage d'antibiotique est recommandé afin de cibler cette bactériémie et la population bactérienne intestinale (Constable, 2004). Certains auteurs (Constable, 2004) utilisent des antibiotiques par voie orale et parentérale. Ils préconisent pour la voie orale l'amoxicilline (10mg/kg PO BID) ou l'amoxicilline associée à l'acide clavulanique (12,5mg/kg PO BID) pendant 3 jours. Cependant la voie parentérale est aujourd'hui préférée (Constable, 2009). L'antibiotique usité doit avoir un spectre Gram – et un effet bactéricide, il doit également être excrété sous forme active dans la bile de façon à jouer un rôle sur les bactéries de l'intestin grêle. Les antibiotiques qu'il est recommandé d'utiliser par voie parentérale sont l'amoxicilline ou l'ampicilline (10mg/kg IM q12h) ou bien les sulfamides potentialisés (25mg/kg IV ou IM SID) (Constable, 2009).

4. Autres molécules

D'autres molécules sont parfois utilisées dans le traitement des diarrhées néonatales, notamment les antispasmodiques, les vitamines et les antiparasitaires.

L'usage d'antispasmodiques est largement répandu, mais tout de même controversé. Ces composés comme l'atropine, la butylscopolamine réduisent la motricité intestinale. Aucune étude ne prouve leur bénéfice. Ils permettraient seulement de réduire les pertes fécales en eau dans une faible mesure (Constable, 2009).

Les vitamines A, D et E peuvent être administrées en injection afin d'aider la réparation de la muqueuse intestinale et l'absorption du calcium (vitamine D) (Grove-White, 2007).

L'halofuginone est la molécule la plus répandue, agissant en prévention essentiellement de la cryptosporidiose. Son mode d'action est mal connu mais il aide à réduire les signes cliniques et l'excrétion (Constable, 2009).

5. Nursing

Tous les traitements précédemment cités doivent être accompagnés, afin d'être efficace, de mesures de nursing. Il s'agit essentiellement d'une surveillance régulière, de mesures de réchauffement lors d'hypothermie : lampe chauffante, bouillotte et couverture. De plus, il est important de veiller à la propreté du lieu de couchage et de changer régulièrement le veau de décubitus afin de prévenir les escarres.

VII. Facteurs pronostiques de survie

Il n'existe aucun consensus dans la littérature sur l'existence ou non de facteurs pronostiques quant à la survie de veaux atteints de gastro-entérites néonatales. Certains auteurs considèrent cependant certains facteurs comme ayant une valeur pronostique pour la survie ou le décès de l'animal atteint.

1. Hématocrite

L'hématocrite apparait comme une valeur pronostique pour certains auteurs. L'hématocrite situé entre 42 et 45 % serait une bonne valeur quant à la récupération du veau après

traitement. Cependant, un hématoците supérieur ou égal à 55% n'offrirait que des chances de survie minimales à l'individu, voire quasi nulle au-delà de 60% (Ravary et al., 2006). On trouve également comme valeur seuil 44,17%, valeur au-delà de laquelle, le veau atteint aurait 4 fois plus de chances de mourir (Seifi et al., 2006).

2. Kaliémie

Seifi et ses collègues ont montré dans leur étude de 2006 (Seifi et al., 2006), pour la première fois, que la kaliémie était une véritable aide au pronostic de survie. En effet, une kaliémie supérieure à 5,63mEq/L entraîne un risque quatre fois plus grand pour l'individu de mourir.

3. Urémie

L'étude de Seifi et ses collègues en 2006 (Seifi et al., 2006), a également montré que l'urémie est un indicateur de survie. Une urémie supérieure à 13,07mmol/L entraînerait 5,6 fois plus de risque pour l'individu de mourir. Cependant, cette valeur a pour sensibilité et spécificité, 80 et 68,5 % respectivement : ce qui signifie donc par exemple, que 80% des veaux ayant une urémie supérieure à 13,07mmol/L ne survivent pas. De plus, la valeur prédictive positive est de 40% et la valeur prédictive négative de 93% : ce qui se traduit par le fait que si l'urémie est supérieure à 13,07mmol/L chez un veau atteint de gastro-entérite néonatale, il n'y a réellement que 40% de chance que l'animal décède. En revanche, si l'urémie est inférieure à 13,07mmol/L, il y a 93% de chance que l'animal survive à cet épisode de diarrhée. Cette faible valeur prédictive positive fait que l'urémie, en tant que facteur de survie, doit être utilisée avec précaution.

Metton a également montré dans son travail de thèse en 1997 (METTON, 1997), que l'urémie était une valeur pronostique « correcte », avec comme seuil critique 140 mg/dL, soit 50 mmol/L. Ce paramètre a une concordance correcte avec le résultat : dans 68% des cas, un pronostic basé sur l'urémie correspond au résultat de survie après traitement.

4. Glycémie

L'hyperglycémie associée au décubitus latéral représente un facteur péjoratif quant à la survie du veau (Guin, 2014). Cependant, une hypoglycémie associée à une hypothermie se révèle être de mauvais pronostic quant à la survie du veau diarrhéique (Guin, 2014).

5. *Température centrale*

Metton a montré dans son travail de thèse en 1997 (METTON, 1997), que seule la température était une valeur pronostique (et l'urémie dans une moindre mesure). Son étude basée sur 45 veaux hospitalisés a permis de réaliser une courbe isolant la valeur de 37,6°C comme étant une limite inférieure critique pour un veau atteint de diarrhée néonatale. De plus il a mis en évidence une fonction reliant la température (T) et la probabilité de survie :

$$P(\text{survie}) = \frac{1}{1 + e^{(50,8565 - 1,3777(T))}}$$

Cette formule est donc un outil pratique, n'utilisant qu'un seul paramètre clinique, la température, très facilement mesurable par le vétérinaire mais aussi l'éleveur.

6. *Signes cliniques spécifiques et pH sanguin*

L'étude la plus récente réalisée sur le sujet, date de 2017 et Trefz et ses collègues ont montré (Trefz et al., 2017) grâce à 1400 veaux atteints de diarrhée néonatale que seuls les signes neurologiques, les crises de coliques abdominales, la cachexie, les arthrites septiques et une importante acidose (pH<6,85) sont de véritables valeurs pronostiques négatives à la survie des veaux. Les paramètres dits de laboratoire comme la glycémie, la natrémie la concentration en GGT, le taux de thrombocytes ne sont pas de bons paramètres pronostiques car leur sensibilité et spécificité sont faibles.

7. *Score clinique, âge et glycémie*

Duthu (Duthu, 2017) a réalisé dans son travail de thèse, un modèle statistique dit « quadratique », ayant une sensibilité et une spécificité respectivement de 96 et 80%, basé sur 3 paramètres : l'âge du veau, le score clinique et la glycémie.

Il obtient une probabilité de survie :

$$P(\text{survie}) = \frac{1}{1 + e^{-\text{score de survie}}}$$

Le seuil à partir duquel le veau est le plus susceptible de survivre est 0,5. Le score de survie se calcule ainsi :

Score de survie

$$\begin{aligned} &= -7 - 0,4 \times \text{âge} + 0,1 \times \text{âge}^2 + 13,2 \times \text{glycémie} \\ &+ 1,5 \times \text{score clinique} - 0,1 (\text{score clinique})^2 - 0,9 \times \text{âge} \\ &\times \text{glycémie} - 0,7 \times \text{glycémie} \times \text{score clinique} \end{aligned}$$

L' « âge » est en jours, la « glycémie » en g/L et le score clinique est ressemblant à celui établi par Kasari et Naylor (Kasari, Naylor, 1986) (voir tableau IV) à la seule différence qu'un point de plus a été rajouté en cas de parésie totale, il s'étale donc de 0 à 14.

PARTIE 2 :

PARTIE EXPERIMENTALE : ENQUÊTE AUPRES DE VETERINAIRES PRATICIENS

I. Matériels et méthode

1. Objectif de l'enquête

L'objectif de cette enquête est de mettre en évidence un ou plusieurs facteurs pronostiques quant à la survie du veau 15 jours après les premiers signes cliniques de gastro-entérite néonatale. Aucune zone géographique n'est ciblée. Tous les vétérinaires ruraux appelés sur des cas de diarrhées de veaux sont invités à répondre. Le support de l'enquête est un questionnaire diffusé via la liste de diffusion de la SNGTV.

2. Questionnaire

Le questionnaire a été mis au point par J. Amiot (président de la commission vaches allaitantes de la SNGTV et praticien à la clinique vétérinaire de Monestoy 71360 EPINAC) et M. Gueudon (vétérinaire praticienne à la clinique vétérinaire de de la Rance 22250 BROONS). J'ai ensuite effectué quelques modifications avant que la commission vaches allaitantes de la SNGTV ne le valide (accord indispensable pour utilisation de leur liste de diffusion). L'idée étant de prévoir le questionnaire sous format papier, 1 page/ 1 veau pour faciliter la prise de note au chevet de l'animal. La plupart des questions attendent une réponse dont les modalités sont déjà proposées ou une valeur numérique, facilitant l'exploitation statistique des données. Une dernière question sous forme de commentaire permet au vétérinaire de noter sous forme ouverte les remarques ou éléments qui lui semblent indispensables. Enfin il est précisé aux vétérinaires remplissant le formulaire de bien noter l'identification de chaque animal afin de pouvoir se renseigner 15 jours plus tard sur la survie en contactant directement l'éleveur ou bien en recherchant l'information sur BDIvet.

Les questions posées portent sur :

-des informations générales : date de première visite, identification du veau, propriétaire, date de naissance ou âge précis, race du veau. Mis à part pour l'âge ou la race, ces questions ne servent qu'au praticien afin d'identifier ses propres cas.

-les premiers éléments de l'examen clinique : position du veau, température rectale, déshydratation estimée par l'enfoncement du globe oculaire, intensité du réflexe de succion, présence d'une arythmie cardiaque.

-des données d'examens complémentaires : glycémie et pH sanguin (facultatif).

-une question ouverte sur les traitements reçus par l'animal.

-deux questions en rapport avec la survie à 15 jours ou non de l'animal et éventuellement la date de la mort.

Le choix des questions et notamment celui des examens complémentaires demandés, fut difficile à mettre en place car ceux-ci devaient être facilement réalisables au chevet du veau (l'équipement matériel des cliniques n'est pas souvent identique, et le questionnaire devait pouvoir être rempli par le plus grand nombre). De plus, les examens complémentaires ne devaient pas engendrer de dépenses supplémentaires pour le vétérinaire.

Le questionnaire est disponible en ANNEXE.

3. Collecte de données

Le questionnaire a été diffusé, sous format numérique via la newsletter de la SNGTV. Ainsi, tous les adhérents à l'association l'ont reçu. Il a été diffusé 3 fois dans cette newsletter, fin mars, octobre et décembre 2017. De plus, il a également été publié une fois, en décembre 2017, sur la page Facebook des SNGTV. Les vétérinaires pouvaient donc facilement l'imprimer et le remplir, au besoin. Le retour des questionnaires s'est fait par courrier pour la plupart, à mon domicile, et d'autres par mail. La date limite de renvoi des questionnaires était fixée au 15 mars 2018.

Les réponses de chaque questionnaire ont ensuite été saisies dans le logiciel Excel. Pour chaque animal, son âge est noté en jours, sa race avec un code « lettre », sa température rectale en degrés Celsius. La position du veau est codée par 1 si l'animal est debout, 2 s'il est en décubitus sternal ou 3 s'il est en décubitus latéral. L'intensité du réflexe de succion est codée par 1 si le réflexe est normal, 2 s'il est diminué ou 3 s'il est absent. La déshydratation est codée par 1 s'il n'y a pas d'énophtalmie, 2 si l'œil est enfoncé de moins de 0,5cm et 3 si l'enfoncement est supérieur à 0,5cm. Ensuite, la présence d'une arythmie cardiaque est codée par 0 si elle est absente, 1 sinon. La glycémie est notée en mmol/L, et le pH est noté avec deux décimales. La question du traitement reçu par l'animal étant libre, plusieurs approximations ont été réalisées dans la collecte des données. La fluidothérapie intra-veineuse reçue par l'animal est notée en litres, toutes spécialités additionnées. La prise en compte de la quantité totale reçue sans distinction sur la spécialité fut nécessaire afin de simplifier l'analyse statistique car les animaux ont souvent reçu plusieurs spécialités. La réalisation de traitements antibiotiques et anti-inflammatoires est notée pour chaque cas avec 1 si elle a eu lieu et 0 sinon. L'antibiothérapie a été prise en compte, de façon orale ou parentérale sans distinction. Aucune quantité n'a été relevée puisque l'absence de donnée concernant le poids de l'animal empêche toute vérification sur la posologie administrée. Enfin, la survie est codée en 1 et 0 sinon.

Toutes ces données ont ainsi pu être analysées dans le logiciel R (R Core Team, 2017) afin d'obtenir les résultats de l'étude. Plusieurs modèles statistiques ont été élaborés afin de déterminer l'existence d'un ou plusieurs facteurs pronostiques à la survie à 15 jours.

II. Résultats

Les questionnaires remplis furent reçus entre avril 2017 et janvier 2018. Ils sont au nombre de 105.

1. Etude statistique descriptive

a. Analyse de l'âge

L'âge est l'une des premières questions du questionnaire. Comme vu Partie 1-III., la connaissance de l'âge de l'animal donne une indication sur la possible étiologie de la diarrhée, sans pour autant pouvoir l'affirmer.

Dans l'ensemble des 105 questionnaires, 9 ne contenaient pas l'âge de l'animal, ce qui représente 8,6% de non réponse à cette question.

En moyenne, les 96 sujets restants étaient âgés de 10,5 jours, le plus jeune ayant 1 jour et le plus vieux 60. La médiane de l'âge est de 10 jours. Au niveau de la répartition des sujets, le premier quartile est à 7 jours et le troisième à 12 jours. Ces chiffres sont représentés dans le diagramme en boîtes de la figure 9. Les animaux de l'étude sont donc en majorités jeunes, âgés de quelques jours.

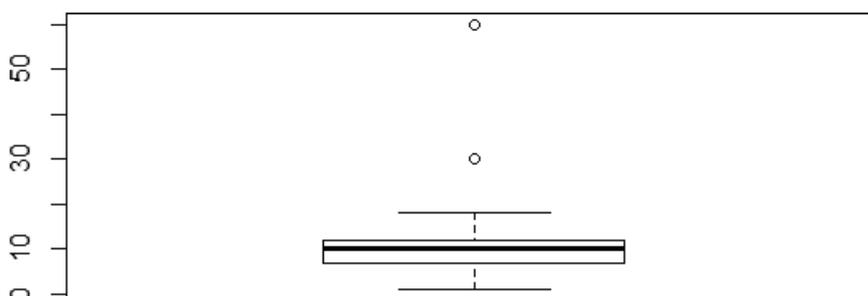


Figure 9: Répartition de l'âge des veaux

b. Analyse de la race

Sur l'ensemble des 105 questionnaires, l'absence de réponse n'a eu lieu qu'une seule fois. Sur les 104 veaux restants, 88 sont de race Charolaise, 7 de race Aubrac, 3 de race Rouge des prés, 1 de race Limousine et enfin 5 sont issus de croisements.

c. Analyse de la position

Lors de la première évaluation du veau, il est demandé au praticien de donner la position de l'animal. Trois propositions sont proposées : debout, décubitus sternal et décubitus latéral.

Sur les 105 questionnaires récoltés, seuls 51 présentent cette information, ce qui représente 51,4% de non réponse.

Sur les 51 réponses, 30 veaux sont debout, 10 en décubitus sternal et enfin 11 en décubitus latéral (Figure 10).

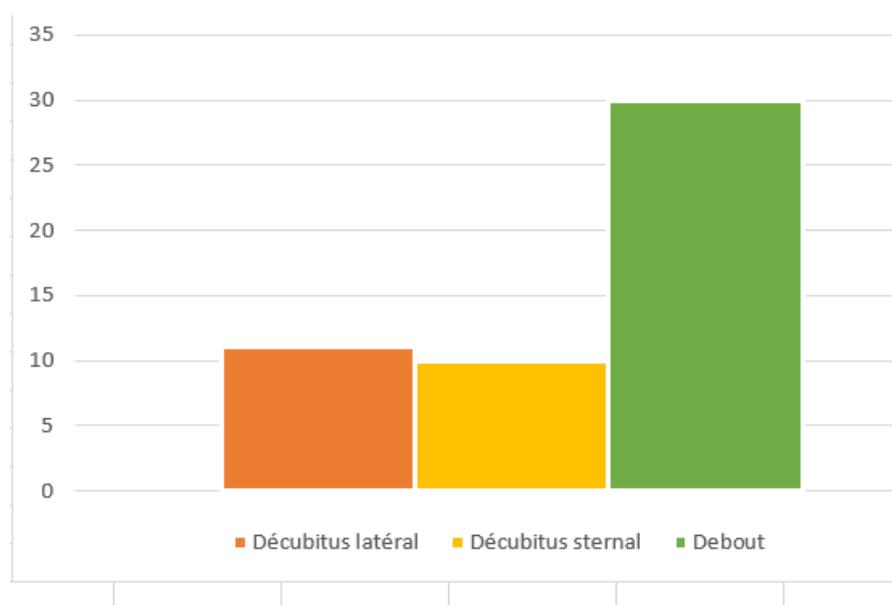


Figure 10 : Répartition de la position des veaux pour les veaux de l'étude

L'appel aux vétérinaires pour les veaux diarrhéiques a donc lieu en majorités alors que l'animal est encore capable de se lever. Cependant ce paramètre doit être interprété avec précaution car il y a eu beaucoup de non-réponses : il est impossible de savoir dans quelle position se trouvaient les veaux pour 54 animaux de l'étude.

d. Description du réflexe de succion

De même que pour la position, il est demandé au praticien d'évaluer le réflexe de succion de l'animal lors de son admission. Trois modalités sont proposées : réflexe de succion « normal », « diminué » ou « absent ».

Sur les 105 questionnaires récoltés, 82 présentaient l'information. Sur ces 82 cas, on note 26 réflexes de succion « normal », 39 « diminué » ainsi que 17 « absent » (Figure 11).

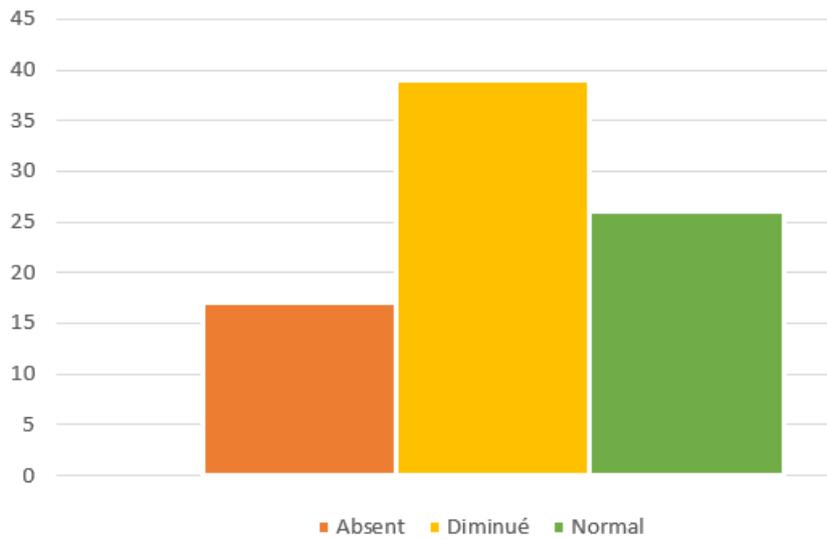


Figure 11: Répartition du réflexe de succion de chaque veau pour les veaux de l'étude

La majorité des appels aux vétérinaires a donc lieu avant que l'animal soit incapable de téter.

e. Etude de la déshydratation par l'observation de l'enfoncement de l'œil

La déshydratation du veau est objectivée par le praticien en notant l'enfoncement de l'œil. Trois réponses sont disponibles : pas d'enfoncement de l'œil, enfoncement inférieur à 0,5cm et enfoncement supérieur à 0,5 cm.

Sur les 105 questionnaires récoltés, 100 contenaient l'information. Sur ces 100 questionnaires, 44 veaux ne présentaient pas d'enfoncement oculaire, 35 présentaient un enfoncement inférieur à 0,5 cm et enfin 21 présentaient un enfoncement supérieur à 0,5cm (Figure 12).

L'appel aux vétérinaires a donc lieu en majorité avant que la déshydratation ne soit trop importante.

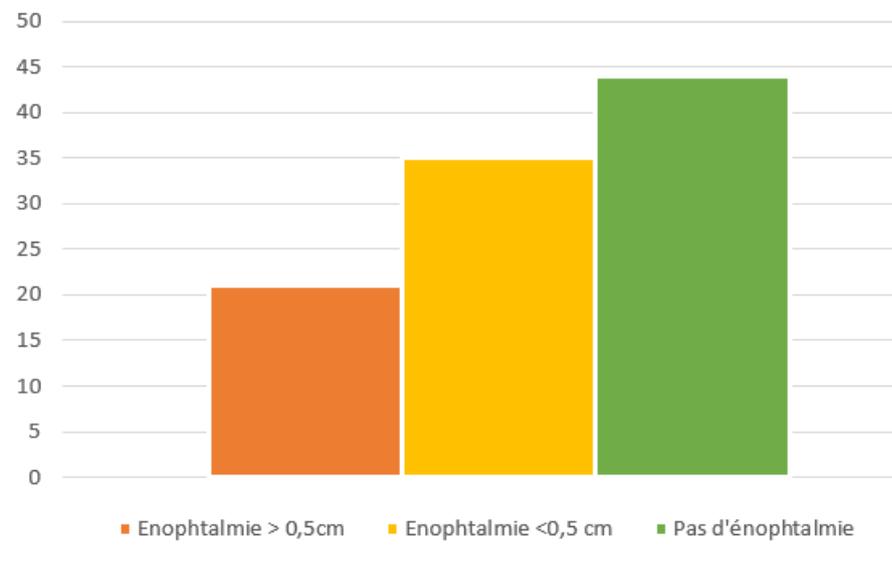


Figure 12 : Répartition de la déshydratation à partir du degré d'enophthalmie pour les veaux de l'étude

f. Présence ou absence d'arythmie cardiaque

Lors de l'auscultation cardiaque, il est demandé au praticien de noter sur la feuille de questionnaire s'il y a présence ou absence d'arythmie.

Sur les 105 questionnaires récoltés, 78 réponses ont été formulées et seulement une rendait compte d'une arythmie cardiaque.

g. Analyse de la température

De même que pour les autres paramètres, il est demandé aux praticiens de noter la température rectale du veau.

Sur les 105 questionnaires récoltés, 99 contenaient l'information demandée. En moyenne la température était de 38,3°C et s'étendait de 33,5 à 40,6°C, avec une médiane de 38,5°C, un premier quartile à 38 et un troisième quartile à 39°C. Ces données sont représentées dans la Figure 13.

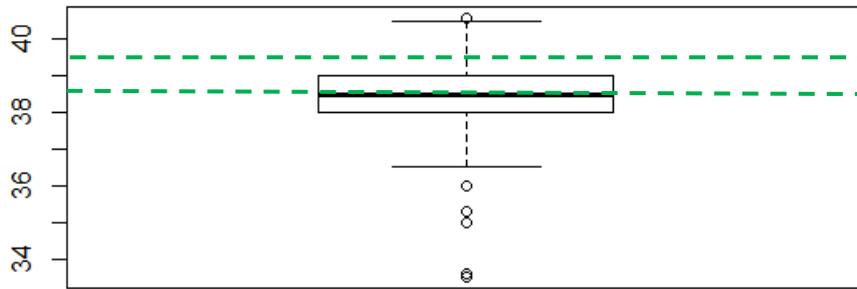


Figure 13: Répartition de la température des veaux

Légende : la zone entre les pointillés représente l'intervalle de température physiologique (38,5-39,5°C)

h. Etude de la glycémie

La mesure de la glycémie n'a été effectuée que 29 fois sur les 105 questionnaires récoltés. Cependant elle était en moyenne de 4,75 mmol/L et s'étalait de 1,7 à 13,3 mmol/L. Le premier quantile était de 3,4, la médiane de 4,7 et le troisième quantile de 5,56 mmol/L. Ces valeurs sont représentées dans la Figure 14.

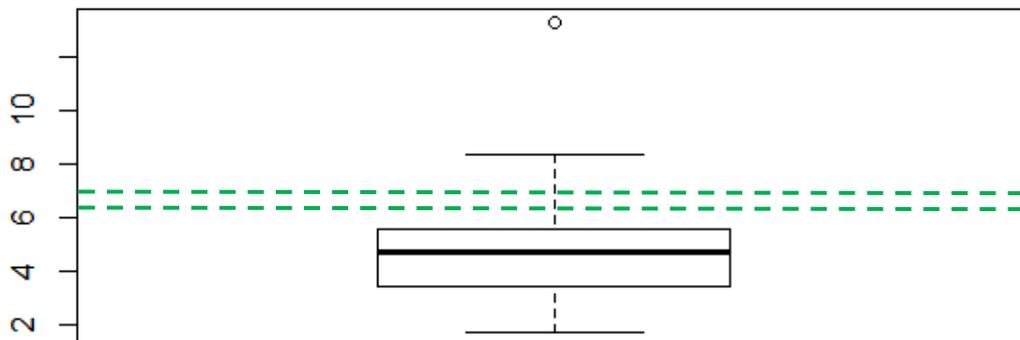


Figure 14 : Répartition de la glycémie des veaux

Légende : la zone entre les pointillés représente l'intervalle de glycémie physiologique (6,5-7 mmol/L)

i. Etude du pH sanguin

Le pH sanguin était une question facultative, notamment pour raisons logistiques : nombreuses sont les structures non équipées d'analyseur de ce type mais il est aussi souvent impossible de réaliser cette analyse directement en exploitation agricole.

Sur les 105 questionnaires récoltés, 74 contenaient l'information. Les valeurs obtenues étaient comprises entre 6,73 et 7,59. La moyenne est de 7,21 et la médiane de 7,23. Le premier quartile est de 7,06 et la troisième de 7,36. Ces valeurs sont retrouvées dans le diagramme Figure 15.

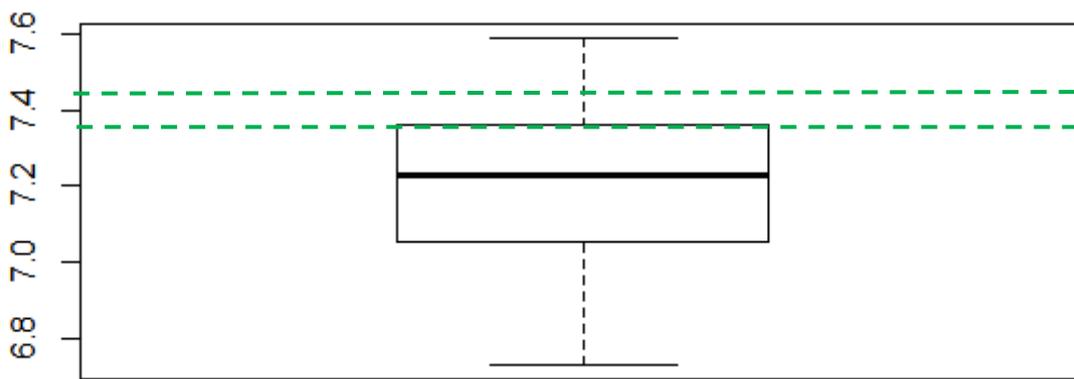


Figure 15: Répartition du pH sanguin des veaux

Légende : la zone entre les pointillés représente l'intervalle de pH physiologique (7,35-7,45)

j. Etude de la fluidothérapie intraveineuse

Les praticiens devaient noter le traitement réalisé, notamment la fluidothérapie intraveineuse réalisée. Tous ont répondu à la question. Pour les données statistiques, seule la quantité administrée par voie intraveineuse a été retenue, sans tenir compte de la spécialité.

En moyenne les veaux de l'étude ont reçu 3,2 L. La médiane étant de 3,15 L, le premier quartile de 0,5L et le troisième de 5L. Ces valeurs sont retrouvées dans le diagramme Figure 16.

De plus, parmi ces 105 cas, 22 veaux n'ont reçu aucune fluidothérapie intraveineuse.

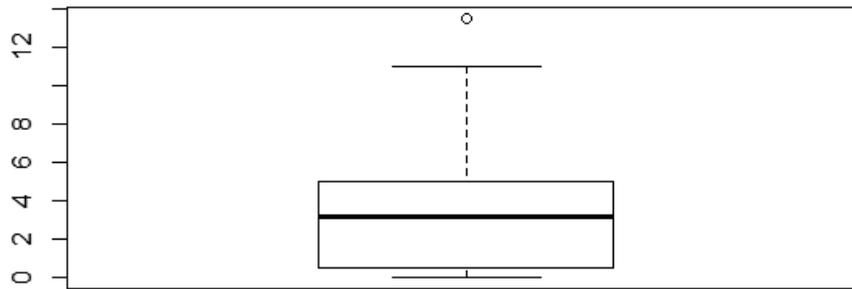


Figure 16 : Répartition de la quantité de fluide administré en intraveineux

k. Etude des traitements mis en place : antibiotique

Tous les questionnaires contenaient l'information sur le fait que les veaux avaient reçu ou non un traitement antibiotique. Aucune distinction n'a été faite sur les antibiotiques per os et parentéraux, ni même sur la quantité et la spécialité. Au total sur les 105 réponses, 54 veaux ont reçu un traitement antibiotique.

l. Etude des traitements mis en place : anti-inflammatoire

La mise en place ou non d'un traitement anti-inflammatoire a été connue pour 103 cas, deux cas n'étant pas expliqués clairement, ils n'ont pas été pris en compte. Aucune distinction n'a été faite quant à la spécialité et la quantité administrées.

Au total seuls 35 veaux sur 103 ont reçu un traitement anti-inflammatoire. Il ne s'agit donc pas d'une pratique très répandue lors de soins au veau diarrhéique.

m. Etude sur la survie

Enfin, la dernière question du questionnaire portait sur la survie ou non 15 jours après la prise en charge du vétérinaire. Pour cela, les premières questions sur l'identification du veau facilitaient la réponse en permettant de rappeler l'éleveur ou bien en recherchant l'information sur BDIVet.

Au total, 100 cas sur 105 contenaient l'information. L'absence d'identification précise de ces cinq animaux manquant sur leurs questionnaires respectifs ne m'ont pas permis d'effectuer les recherches quant à leur mort ou survie.

Donc sur les 100 animaux étudiés, 26 cas ont été déclarés comme non-survivants 15 jours après l'intervention du vétérinaire (Figure 17).

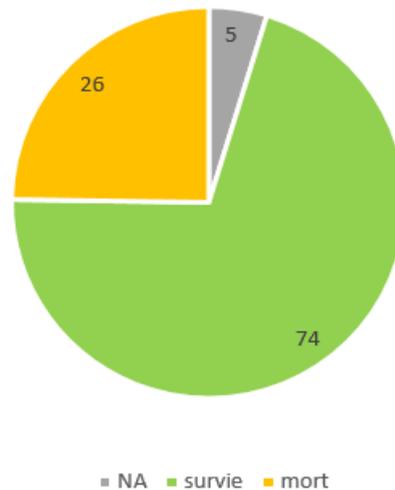


Figure 17: Répartition des veaux ayant survécu ou non à la diarrhée

Légende : NA signifie absence de données

n. Tableau récapitulatif

Le tableau XIV récapitule les réponses obtenues, le caractère qualitatif ou quantitatif de la réponse ainsi que le nombre de réponses obtenues à la question sur l'ensemble des 105 questionnaires.

Tableau XIV: Tableau récapitulatif des réponses au questionnaire

	Nombre de réponses	Qualitatif	Quantitatif
Age	96		X
Race	104	X	
Position	51	X	
Réflexe de succion	82	X	
Déshydratation	100	X	
Arythmie cardiaque	78	X	
Température	99		X
Glycémie	29		X
pH	74		X
Fluidothérapie IV	105		X
Antibiotique	105	X	
Anti-inflammatoire	103	X	
Survie	100	X	

2. Facteurs pronostics

L'objectif de cette partie est d'estimer s'il existe ou non un ou des facteurs pronostics lors de la première visite vétérinaire quant à la survie du veau diarrhéique 15 jours après. En effet, comme vu Partie 1-VII, il n'existe encore aucun consensus dans ce domaine : les facteurs pronostics varient vivement suivant les études.

Le modèle réalisé va donc permettre de prédire la survie (il s'agit de la variable à expliquer) 15 jours après la visite du vétérinaire grâce à des variables explicatives qu'il faut sélectionner. Le pronostic recherché est un pronostic avant traitement, lors du premier examen clinique du veau. C'est pourquoi l'étude statistique ne prend pas en compte les variables concernant le traitement.

Les variables explicatives sont : âge du veau, température rectale, pH sanguin, énophtalmie et réflexe de succion.

La variable « race » n'a pas été prise en compte du fait de la non-pertinence de ce critère en tant que facteur pronostique.

a. Premier modèle de régression logistique

Le modèle de base est un modèle de régression logistique dont les variables explicatives : âge du veau, température rectale, énophtalmie et réflexe de succion sont toutes considérées comme quantitatives, même les variables semi-quantitatives comme le réflexe de succion ou l'enfoncement de l'œil. Ainsi la relation entre le logit de la survie et chaque variable est supposée linéaire. L'entrée d'un animal dans l'analyse des données entraîne obligatoirement que la réponse à ces 4 variables soit présente ainsi que l'indication sur la survie : si un ou plusieurs de ces 5 critères est absent, l'animal est exclu de l'étude. La variable pH étant la moins représentée au sein de nos variables choisies, un premier modèle n'utilisant pas le pH a été réalisé. Ce modèle est ainsi construit avec 72 individus.

Le réflexe de succion est la seule variable pronostique, c'est-à-dire la seule qui apparaît avoir un effet significatif sur la survie dans le modèle (Tableau XV).

Tableau XV: Coefficients du premier modèle

Coefficients	Estimate	p-value
(Intercept)	13,4	0,389
Âge	-0,0482	0,717
Enfoncement de l'œil	-0,579	0,327
Température rectale	-0,0830	0,810
Reflexe de succion	-3,11	0,00242

b. Second modèle de régression logistique

Le second modèle est un modèle de régression logistique dont les variables explicatives (âge du veau, température rectale, pH sanguin, énophtalmie et réflexe de succion) sont comme précédemment toutes considérées comme quantitatives. Le modèle d'évaluation du pronostic est ici construit à partir des 58 données pour lesquelles toutes les variables sont renseignées.

Le paramètre réflexe de succion apparaît à nouveau dans ce modèle comme le seul facteur pronostique quant à la survie de l'animal (Tableau XVI). Ce modèle ne sera pas gardé pour la suite de l'analyse puisqu'il ne met pas en évidence d'autres facteurs pronostics et qu'il est construit sur un jeu de données plus restreint.

Tableau XVI : Coefficients du deuxième modèle obtenu

Coefficients	Estimate	p-value
(Intercept)	39,4	0,301
Âge	-0,0619	0,720
Enfoncement de l'œil	-0,446	0,570
Température rectale	-0,215	0,662
Reflexe de succion	-3,45	0,0109
pH	-1,42	0,691

c. Réalisation d'un modèle simplifié à un paramètre

Une sélection descendante sur la base de l'AIC réalisée à partir du premier modèle à 4 paramètres permet de confirmer que seul le réflexe de succion est un facteur pronostique à la survie à 15 jours. Ainsi nous retiendrons le modèle simplifié n'utilisant que cette variable explicative. Les coefficients du modèle simplifié sont donnés dans le tableau XVII.

Tableau XVII: Coefficients du modèle simplifié

Coefficients	Estimate	Std Error	p-value
(Intercept)	8,58	2,00	0,0000177
Reflexe de succion	-3,10	0,771	0,0000580

Ainsi lorsque le réflexe de succion augmente de 1, c'est-à-dire passe de « normal » à « diminué » ou de « diminué » à « absent », cela correspond à un Odds Ratio de 0,045. L'intervalle de confiance de l'OR est de [0,0081 ; 0,1728].

d. Probabilité de survie

Pour mieux apprécier la relation entre le réflexe de succion et le taux de survie, on peut simplement calculer la probabilité de survie dans les 3 situations correspondantes aux différentes modalités du réflexe de succion.

-La probabilité de survie lorsque le réflexe de succion est de 1, donc « normal » est de 100%, avec un intervalle de confiance de [0,86 ; 1,0].

-La probabilité de survie lorsque le réflexe de succion est de 2, donc « diminué » est de 91%, avec un intervalle de confiance de [0,76 ; 0,98].

-La probabilité de survie lorsque le réflexe de succion est de 3, donc « absent » est de 33%, avec un intervalle de confiance de [0,12 ; 0,62].

Tableau XVIII: Récapitulatif des probabilités de survie à 15 jours

Intensité du réflexe de succion	Probabilité de survie	Intervalle de confiance
Normal	1	[0,86 ; 1,0]
Diminué	0,91	[0,76 ; 0,98]
Absent	0,33	[0,12 ; 0,62]

PARTIE 3 :

DISCUSSION

L'établissement d'un pronostic est aujourd'hui un point essentiel pour l'éleveur. En effet, les coûts engendrés par les soins d'un veau atteint de gastro-entérite néonatale peuvent être conséquents : que ce soit à cause de la visite et du traitement vétérinaire, ou à cause du temps consacré par l'éleveur lui-même. Le caractère contagieux des gastro-entérites néonatales est également à prendre en compte puisqu'il ne paraît pas judicieux de garder dans son bâtiment un animal malade, excréteur d'agents pathogènes. Enfin, le prix de vente d'un veau (notamment en élevage laitier) ne laisse pas une marge importante pour l'éleveur : ceci entraîne pour lui une réflexion quant au traitement à mettre en œuvre pour l'animal. Un pronostic établi à l'issue du premier examen clinique permet donc de faciliter la prise de décision de l'éleveur. Les probabilités de survie obtenues ici sont donc un bon moyen d'aide au pronostic rapide.

Le recueil des données a été fait grâce à l'analyse de réponses à un questionnaire. Ce questionnaire était proposé aux praticiens adhérents à la SNGTV et rempli sur la base du volontariat. Malheureusement, seuls 105 questionnaires ont été retournés sur l'espace d'un an. De plus aucun questionnaire ne contenait toutes les réponses, au maximum 72 individus ont pu être utilisés dans l'analyse statistique. Certains facteurs pouvant avoir une valeur pronostique pour la survie à 15 jours du veau diarrhéique ont donc dû être retirés de l'analyse statistique faute de réponse. Il s'agit de la glycémie (Guin, 2014; Duthu, 2017) et de la position de l'animal (debout, décubitus sternal ou latéral). La position de l'animal n'est jamais apparue dans la littérature comme étant pronostique, mais faute de réponses, ceci n'a pas pu être confirmé dans cette thèse. Ces paramètres ne semblent peut-être pas importants pour les vétérinaires, mais auraient sans doute permis d'enrichir le modèle statistique, d'autant plus que renseigner la position du veau ne demande aucun coût ou effort d'analyses supplémentaires. Enfin, un nombre de questionnaires plus élevé et un panel plus complet, nous aurait permis de vérifier que l'on obtenait des résultats cohérents avec d'autres études comme celles de Metton (METTON, 1997) ou de Duthu (Duthu, 2017).

La création du modèle simplifié a permis de donner un pourcentage de survie à 15 jours, dans chacune des trois situations proposées en fonction de l'intensité du réflexe de succion. Ce facteur pronostic n'avait jamais été mis en avant auparavant. Ces résultats sont à nuancer car ils dépendent amplement de la réalisation du traitement qui conditionne la survie du veau. En effet, le pronostic peut être favorable mais si aucun traitement ou un traitement inadapté est réalisé, l'animal peut vite voir son état se dégrader et mourir. Ainsi on peut se demander dans cette étude si les veaux morts l'ont été à cause de leur maladie initiale, qui ne pouvait pas être guérie même avec le traitement idéal ou bien s'ils sont morts faute du bon traitement. Le traitement réalisé ici n'a pas été analysé, il a seulement été utilisé pour décrire les pratiques couramment réalisées par les vétérinaires. Beaucoup de questionnaires contenaient en effet des traitements approximatifs. Le choix de ne prendre en compte que la quantité totale de fluide apportée lors de réhydratation intraveineuse se justifie par le fait que le questionnaire se voulait simple et facile à remplir afin d'obtenir un nombre de retours maximal. Les spécialités utilisées pourraient être analysées de façon plus précise afin de juger réellement des apports et de leur adéquation avec l'état du veau, mais dans ce cas, d'autres questions,

pas forcément évidentes pour le praticien devraient être rajoutées comme par exemple le poids du veau. Dans le futur, il faudrait peut-être envisager des questions plus précises si on voulait prendre en compte le traitement dans le modèle.

L'originalité de cette étude réside dans le fait que l'on ait pu savoir grâce à l'identification précise de l'animal (demandée dans le questionnaire), si l'animal était vivant, ou non, 15 jours après la visite. Le recueil de cette information, réalisé grâce au site BDIVet, a donc été indépendant de contact avec l'éleveur. C'est bien souvent en pratique cette donnée qui manque au vétérinaire, puisqu'il ne prend pas le temps de rappeler l'éleveur et que ce dernier donne rarement des nouvelles de l'animal vu en visite, que les nouvelles soient bonnes ou mauvaises. Dans cette étude, cette information de survie était donnée pour la quasi-totalité des animaux (100 sur 105). En comparaison, Duthu (Duthu, 2017) obtenait l'information sur la survie pour 77 veaux, alors que 4955 rentraient dans son étude. En revanche, une des limites reste qu'il est impossible aujourd'hui de savoir avec BDIVet et donc avec le questionnaire, si la cause de la mort, lorsqu'elle a lieu, est liée ou non à la diarrhée. En effet, l'animal peut avoir survécu à la diarrhée et décéder d'une autre affection dans les 15 jours qui ont suivi. Le taux de mortalité observé ici a donc pu être légèrement surestimé.

Du point de vue épidémiologique, cette étude est difficilement comparable à d'autres comme celles de Milleman ou Abuelo (Millemann, 2009 ; Abuelo, 2016). Les auteurs réalisent leurs études sur une période précise de quelques mois lors d'une saison de vêlage en prenant tous les veaux de plusieurs exploitations. Le taux de mortalité de l'étude, sur les 100 questionnaires contenant l'information, est de 26%. Ce taux de mortalité est difficilement comparable à celui d'autres études, puisqu'ils fluctuent énormément dans les études. Celle de Cho et Yoon (Cho, Yoon, 2014) donne un taux de mortalité compris entre 53,4 et 57%, contre, dans celle d'Abuelo (Abuelo, 2016), un taux de mortalité variant au cours de la saison entre 22,2 et 87,1 % en fin de saison. L'étude de Smith (Smith, 2012), montre que 47 veaux sur 402 sont décédés, ce qui donne un taux de mortalité de 12%. Ainsi, le taux de mortalité obtenue dans cette étude ne peut pas être qualifié, puisqu'aucune étude ne donne un résultat similaire.

Cette étude a certainement été faite avec un biais de sélection des cas de la part des vétérinaires : les veaux correspondent probablement à des cas sporadiques et non aux cas tout-venant représentatifs d'une région ou d'un élevage ni même d'une période donnée (questionnaire mis en place pendant 1 an). On peut se demander si le questionnaire a été rempli par le vétérinaire en pleine période de vêlage, s'il l'a fait pour plusieurs veaux. Il est possible que les vétérinaires l'aient rempli uniquement quand ils avaient le temps, hors des grosses périodes de travail. Le caractère national du questionnaire est donc un atout afin de créer un panel de cas représentatif du pays, mais le format du questionnaire (papier) et le temps nécessaire à son remplissage peuvent avoir été un frein quant à la représentativité des cas cliniques.

Toutefois le recueil des données issues des questionnaires a permis de souligner de manière intéressante certaines pratiques des vétérinaires praticiens, notamment que peu réalisaient un traitement anti-inflammatoire : 35 sur 103. Or, réalisée après réhydratation,

l'administration d'un anti-inflammatoire est bénéfique (Abuelo, 2016 ; Grove-White, 2007), puisqu'elle joue sur la douleur, l'inflammation, l'hyperthermie et a pour certaines molécules une action anti-toxique. L'amélioration de l'état général à la suite de cette administration peut aider l'animal à combattre la maladie et par exemple l'aider à retrouver un réflexe de succion.

Le pourcentage de survie de cette étude, contrairement à celui de Duthu (Duthu, 2017), ne prend pas en compte l'état clinique globale de l'animal comme dit dans la littérature (Kasari, Naylor, 1986 ; Chantreau, 2015). Duthu prenait en compte le score clinique basé sur la qualité du réflexe de succion, la réponse du réflexe à la menace, la sensibilité tactile, la capacité à se tenir debout, la chaleur de la cavité buccale, la chaleur des extrémités, la parésie ainsi que l'âge du veau, mais il prenait aussi en compte la glycémie. L'intensité du réflexe de succion seule n'avait jamais été révélée comme facteur pronostique dans la littérature auparavant. Ainsi une étude plus complète serait intéressante à réaliser afin de confirmer ceci, afin de vérifier la répétabilité des résultats.

Dans le questionnaire, l'estimation de la déshydratation n'a été faite qu'avec un seul paramètre, l'enfoncement de l'œil. Il est cependant difficile de dire qu'un enfoncement oculaire précis correspond à un pourcentage défini de déshydratation. En effet, les auteurs tels que Naylor, Ravary ou encore Constable (Naylor et al., 2003 ; Ravary et al., 2006 ; Constable et al., 1998) utilisent plusieurs critères pour donner non pas une valeur précise de la déshydratation mais un intervalle de déshydratation. Seul Trefz (Trefz et al., 2012) utilise uniquement l'enfoncement oculaire pour connaître le pourcentage de déshydratation, mais ceci nécessite un calcul. Cette méthode est donc moins applicable sur le terrain par le praticien qui remplit le questionnaire. Ainsi il serait peut-être mieux de connaître plusieurs autres critères comme la persistance du pli de peau et la température des extrémités par exemple, pour pouvoir mieux classer chaque animal dans des catégories telles que « absence de déshydratation », « déshydratation inférieure à 5% », « déshydratation comprise entre 5 et 10% » et « déshydratation supérieure à 10% ». Ceci rajouterait une modalité de la variable déshydratation et permettrait de mieux apprécier le statut clinique de l'animal.

Duthu, avec 77 données, avait pu mettre en évidence trois facteurs pronostiques : l'âge du veau, le score clinique et la glycémie. La comparaison avec les résultats obtenus aujourd'hui est non réalisable, puisque le nombre de questionnaires contenant la glycémie était trop faible comme expliqué ci-dessus et le score clinique n'était pas utilisé dans l'analyse. En revanche, l'âge faisait pourtant bien partie des paramètres utilisés mais le modèle utilisé n'a pas révélé qu'il avait une valeur pronostique. Metton, quant à lui, obtient la température rectale comme valeur pronostique. La température rectale est bien utilisée dans notre étude comme paramètre mais n'est pas obtenue comme étant pronostique. Les analyses statistiques montrent ici leurs limites puisque, pour une même situation clinique avec des jeux de données

différents, les modèles créés ne mettent pas en évidence la même implication des différentes variables.

Cette étude réalisée grâce aux questionnaires, a néanmoins comme atout d'avoir permis de donner des probabilités de survie en fonction de trois modalités cliniques basées sur un seul paramètre facile à objectiver (réflexe de succion normal, $p=1$ [0,86 ; 1], réflexe de succion diminué $p=0,91$ [0,76 ; 0,98], réflexe de succion absent $p=0,33$ [0,12 ; 0,62]). Les intervalles de confiances montrent que le praticien doit utiliser ces probabilités avec prudence, car par exemple, lorsque l'animal présente un réflexe de succion normal, il a quand même un risque de décès, alors même que la probabilité de survie est de 1. Lorsque l'animal ne présente pas de réflexe de succion, la probabilité de survie est de 33%. Or l'intervalle de confiance est de [0,12 ; 0,62], ce qui prouve que la probabilité de survie peut être très faible (0,12) ou bien supérieure à 50 % ($p=0,62$). Cette méthode a l'avantage de ne pas coûter d'argent et d'être facilement reproductible.

Enfin, pour améliorer la prévision du pronostic obtenu ici, il faudrait prendre en compte un nombre de veaux très largement supérieur et analyser ce nouveau jeu de données. Ainsi, il faudrait recueillir un grand nombre de cas clinique de veaux atteints de diarrhée. Une application pourrait être créée, afin de pouvoir renseigner l'examen clinique complet lorsque le praticien est au chevet du veau, grâce à son smartphone. Cette application pourrait être une façon ludique d'obtenir beaucoup de cas cliniques sans donner un surplus de contraintes au vétérinaire. Ceci permettrait également d'éviter les problèmes logistiques comme le fait d'oublier les paramètres de l'examen clinique en le saisissant sur un logiciel en rentrant à la clinique, ou bien de n'avoir pas le support papier sous la main, en ferme, par exemple. Plusieurs idées peuvent également être émises : l'interface pourrait être interactive par exemple, en photographiant et mesurant l'énoptalmie, et ainsi, donner un pourcentage de déshydratation précis grâce à la formule de Trefz (Trefz et al., 2012) directement effectuée par l'application. Ou encore, les réponses pourraient être directement transférées sur un logiciel tableur utilisé pour l'application statistique... De plus, un rappel pourrait être envoyé à l'utilisateur afin de vérifier à la bonne date, si le veau a survécu.

CONCLUSION

Les gastro-entérites néonatales sont un ensemble d'affections, causées par différents agents pathogènes, mais créant un tableau clinique commun. Mal ou non-traitées, les diarrhées néonatales entraînent la mort du jeune veau : cela est dû à un ensemble de dérèglements métaboliques. Même s'il est parfois difficile d'évaluer toutes ces modifications sans l'aide d'examen complémentaires qui sont difficilement voire non réalisables au chevet du veau en élevage, différentes techniques se basant sur l'examen clinique permettent de déterminer assez justement, les besoins de l'animal diarrhéique et ainsi d'apporter un traitement le plus adéquat possible. Mais avant de mettre en place un quelconque traitement, il est important pour l'éleveur d'établir un pronostic quant à la survie du veau. La littérature scientifique sur le sujet ne montre aucun consensus qui pourrait permettre d'établir ce pronostic avec certitude. Cette étude cherchait à mettre en avant, grâce à un questionnaire rempli par des vétérinaires français, l'existence d'un ou de plusieurs facteurs pronostiques quant à la survie à 15 jours. Vu le trop faible nombre de réponses au questionnaire, seuls 5 critères cliniques ont pu être pris en compte lors de l'étude statistique : le pourcentage de déshydratation estimé via l'enfoncement de l'œil, le réflexe de succion, l'âge, le pH sanguin et la température. Les modèles mis en place ont montré que seule l'intensité du réflexe de succion avait une valeur pronostique pour la survie dans le jeu de données que j'ai obtenu. Ainsi avec ce seul paramètre facile à objectiver pour le praticien vétérinaire au chevet du veau malade, une probabilité de survie peut être établie de 1 à 0,33 en fonction de l'intensité du réflexe de succion. Ce modèle prédictif est donc très simple à utiliser et peu coûteux puisqu'un seul paramètre clinique entre en jeu, mais cette prédiction doit être manipulée avec précaution étant donné que les intervalles de confiance sont assez larges. Une approche différente ou plus complète mériterait donc d'être envisagée pour améliorer la prévision de ce pronostic de survie.

ANNEXE : Questionnaire support de l'étude

Questionnaire valable pour tout veau atteint de Gastro-Entérite Néonatale

Merci de bien prendre l'identification du veau pour pouvoir vérifier sur BDIvet si le veau est toujours vivant ou pas, et la date du décès le cas échéant.

1. Date de première visite :/...../201....
2. Identification du veau :
3. Propriétaire :
4. Date de naissance ou âge **précis** en jours :/...../201... soit jours
5. Race :
6. Position : **debout/ décubitus sternal/ décubitus latéral**
7. Température rectale initiale :°C
8. Déshydratation estimée par l'enfoncement du globe oculaire :
Pas d'enfoncement / enfoncement < 0,5 cm / enfoncement ≥ 0,5 cm
9. Réflexe de succion : **normal / diminué/ absent**
10. Arythmie cardiaque : **oui/non**
11. Glycémie (mesurée avec optium Xceed/Vetstat/Provet/ autre à préciser) :
..... mmol/L ou g/L
12. pH avec VETSTAT (facultatif) :
13. Traitement : **fluidothérapie (quantités et spécialités), anti-inflammatoires, antispasmodiques, antibiotiques, pansement digestif, autres, ... :**
.....
.....
.....
.....
.....

14. Survie à 15 jours : **oui / non**
15. Date de la mort :/...../201....
16. Commentaire : **prévention, vaccination, pathogène connu dans élevage, traitement de 1^{er} intention par l'éleveur, ...**
.....
.....
.....
.....

A retourner à : MESSAND Elodie

Ou bien par mail :

BIBLIOGRAPHIE

ABUELO, Angel, 2016. Investigation of an outbreak of neonatal calf diarrhoea in a dairy herd. In : *Veterinary Record Case Reports*. 2016. Vol. 4, n° 2, p. e000372.

AL-MAJALI, Ahmad M., ASEM, Elikplimi K., LAMAR, Carlton H., ROBINSON, J.Paul, FREEMAN, M.James et SAEED, A.Mahdi, 2000. Characterization of the interaction of Escherichia coli heat-stable enterotoxin (STa) with its putative receptor on the intestinal tract of newborn calves. In : *FEMS Immunology & Medical Microbiology*. 1 juin 2000. Vol. 28, n° 2, p. 97-104. DOI 10.1111/j.1574-695X.2000.tb01462.x.

AMIOT, 2015. Examens complémentaires et aide à la fluidothérapie. In : [en ligne]. 2015. [Consulté le 25 octobre 2017]. Disponible à l'adresse : http://www.vetelevage.fr/4DACTION/NS2013_BIBLIOGRAPHIE/3655/2/1021/0///R3619#.

BAZELEY, Katrine, 2003. Investigation of diarrhoea in the neonatal calf. In : *In Practice*. 2003. Vol. 25, n° 3, p. 152–159.

BELLINO, Claudio, ARNAUDO, Fabrizio, BIOLATTI, Cristina, BORRELLI, Antonio, GIANELLA, Paola, MAURELLA, Cristiana, ZABALDANO, Giuseppe, CAGNASSO, Aurelio et D'ANGELO, Antonio, 2012. Development of a diagnostic diagram for rapid field assessment of acidosis severity in diarrheic calves. In : *Journal of the American Veterinary Medical Association*. février 2012. Vol. 240, n° 3, p. 312-316. DOI 10.2460/javma.240.3.312.

BENDALI, Fatah, BICHET, Hervé, SCHELCHER, François et SANAA, Moez, 1999. Pattern of diarrhoea in newborn beef calves in south-west France. In : *Veterinary research*. 1999. Vol. 30, n° 1, p. 61–74.

BERCHTOLD, Joachim, 2009. Treatment of Calf Diarrhea: Intravenous Fluid Therapy. In : *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. mars 2009. Vol. 25, n° 1, p. 73-99. DOI 10.1016/j.cvfa.2008.10.001.

BLAXTER, K. L. et WOOD, W. A., 1953. Some observations on the biochemical and physiological events associated with diarrhoea in calves. In : *Veterinary Record*. 1953. Vol. 65, p. 889-892.

BOK, Marina, ALASSIA, Martín, FRANK, Flavia, VEGA, Celina G., WIGDOROVITZ, Andrés et PARREÑO, Viviana, 2017. Passive immunity to control Bovine coronavirus diarrhea in a dairy herd in Argentina. In : *Revista Argentina De Microbiologia*. 8 septembre 2017. DOI 10.1016/j.ram.2017.03.007.

CHANTREAU, Jérôme, 2015. Évaluation pratique des besoins hydro-électrolytiques du veau diarrhéique. In : . 2015. Vol. La semaine vétérinaire, n° 1638, p. 22.

CHO, Yong-il et YOON, Kyoung-Jin, 2014. An overview of calf diarrhea - infectious etiology, diagnosis, and intervention. In : *Journal of Veterinary Science*. mars 2014. Vol. 15, n° 1, p. 1-17. DOI 10.4142/jvs.2014.15.1.1.

CONSTABLE, P. D., WALKER, P. G., MORIN, D. E. et FOREMAN, J. H., 1998. Clinical and laboratory assessment of hydration status of neonatal calves with diarrhea. In : *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1 avril 1998. Vol. 212, n° 7, p. 991-996.

CONSTABLE, Peter D., 2004. Antimicrobial Use in the Treatment of Calf Diarrhea. In : *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2004. Vol. 18, n° 1, p. 8-17. DOI 10.1111/j.1939-1676.2004.tb00129.x.

CONSTABLE, Peter D., 2009. Treatment of Calf Diarrhea: Antimicrobial and Ancillary Treatments. In : *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 1 mars 2009. Vol. 25, n° 1, p. 101-120. DOI 10.1016/j.cvfa.2008.10.012.

DE LA FUENTE, R, GARCÍA, A, RUIZ-SANTA-QUITERIA, J.A, LUZÓN, M, CID, D, GARCÍA, S, ORDEN, J.A et GÓMEZ-BAUTISTA, M, 1998. Proportional morbidity rates of enteropathogens among diarrheic dairy calves in central Spain. In : *Preventive Veterinary Medicine*. août 1998. Vol. 36, n° 2, p. 145-152. DOI 10.1016/S0167-5877(98)00077-4.

DRATWA-CHA, ALICJA, OŹGO, MA\LGORZTA, MICHA\LEK, KATARZYNA, OTHERS et UPNIK, AGNIESZKA HEROSIMCZYK, 2016. Water and electrolyte management in calves before and after excessive lactose administration. In : *Medycyna Weterynaryjna*. 2016. Vol. 72, n° 4, p. 231–236.

DRATWA-CHA, ALICJA et UPNIK, AGNIESZKA HEROSIMCZYK, 2012. Calves with diarrhea and a water-electrolyte balance*. In : [en ligne]. 2012. [Consulté le 9 octobre 2017]. Disponible à l'adresse :

https://www.researchgate.net/profile/Adam_Lepczynski/publication/233852929_Calves_with_diarrhea_and_a_water-electrolyte_balance/links/0fcfd50c1edbf804a000000/Calves-with-diarrhea-and-a-water-electrolyte-balance.pdf.

DRIEU, Claire, 2009. *Hématologie en médecine bovine*. Thèse de Doctorat vétérinaire. Ecole vétérinaire d'Alfort, 126p : Université de Créteil.

DUTHU, Alexis, 2017. *Etude de la relation entre les données cliniques, les paramètres biochimiques et le pronostic lors de la prise en charge d'un veau à diarrhée*. Thèse de doctorat vétérinaire. Vetagro-sup, 110p : Université de Lyon.

ENNIMA, Imane, SEBBAR, Ghizlane, HARIF, Bachir, AMZAZI, Saaid, LOUFI, Chafiq et TOUIL, Nadia, 2016. Isolation and identification of group A rotaviruses among neonatal diarrheic calves, Morocco. In : *BMC Research Notes* [en ligne]. décembre 2016. Vol. 9, n° 1. [Consulté le 9 octobre 2017]. DOI 10.1186/s13104-016-2065-8. Disponible à l'adresse : <http://bmcresnotes.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13104-016-2065-8>.

EWASCHUK, Julia B., NAYLOR, Jonathan M., PALMER, Randi, WHITING, Susan J. et ZELLO, Gordon A., 2004. D-lactate production and excretion in diarrheic calves. In : *Journal of veterinary internal medicine*. 2004. Vol. 18, n° 5, p. 744–747.

FOSTER, D. M. et SMITH, Geof W., 2009. Pathophysiology of Diarrhea in Calves. In : *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 1 mars 2009. Vol. 25, n° 1, p. 13-36. DOI 10.1016/j.cvfa.2008.10.013.

FRANCHI, Cyrielle et BELLIARD, Alexandre, 2017. Démarche diagnostique lors de diarrhée du veau. In : *Le Point vétérinaire*. 2017. Vol. Numéro spécial 2017, n° Les indispensables en médecine rurale, p. 112-116.

FRANCOZ, David et COUTURE, Yvon, 2014. *Manuel de médecine des bovins*. Paris : Editions Med'com. ISBN 978-2-35403-186-2.

FREMONT, Aurore, M.-J, CORNUEJOLS et CLAUDE, COUQUET, 2004. Enquête épidémiologique sur les diarrhées néonatales
Epidemiological study of neonatal diarrhoea in calves in Haute-Vienne
. In : *Point vétérinaire (Maisons-Alfort)*. 2004. p. 20-23.

GARAICOECHEA, L, BOK, Karin, JONES, Leandro, COMBESSIES, Gustavo, ODEÓN, Anselmo, FERNANDEZ, F et PARREÑO, Viviana, 2006. Molecular characterization of bovine rotavirus circulating in beef and dairy herds in Argentina during a 10-year period (1994-2003). In : *Veterinary microbiology*. 1 décembre 2006. Vol. 118, p. 1-11. DOI 10.1016/j.vetmic.2006.06.004.

GROVE-WHITE, D. H., 1998. Monitoring and management of acidosis in calf diarrhoea. In : *Journal of the Royal Society of Medicine*. 1998. Vol. 91, n° 4, p. 195–198.

GROVE-WHITE, Dai, 2000. Resuscitation of the newborn calf. In : *In Practice*. 1 janvier 2000. Vol. 22, n° 1, p. 17-23. DOI 10.1136/inpract.22.1.17.

GROVE-WHITE, Dai, 2007. Practical intravenous fluid therapy in the diarrhoeic calf. In : *In Practice*. 1 juillet 2007. Vol. 29, n° 7, p. 404-408. DOI 10.1136/inpract.29.7.404.

GUIN, Bertrand, 2014. Dosages sanguins au chevet du veau. In : . Journée nationale GTV-Reims 2014. 2014.

GULLIKSEN, S.M., JOR, E., LIE, K.I., HAMNES, I.S., LØKEN, T., ÅKERSTEDT, J. et ØSTERÅS, O., 2009. Enteropathogens and risk factors for diarrhea in Norwegian dairy calves. In : *Journal of Dairy Science*. octobre 2009. Vol. 92, n° 10, p. 5057-5066. DOI 10.3168/jds.2009-2080.

GUYOT, Hugues, VANDEPUTTE, Sébastien et GAILLOT, Claire, 2014. Utilisation du L-lactate et de l'analyseur de gaz sanguins en pratique rurale. In : . 2014. p. 13.

HOLLAND, R E, 1990. Some infectious causes of diarrhea in young farm animals. In : *Clinical Microbiology Reviews*. octobre 1990. Vol. 3, n° 4, p. 345-375.

KASARI, T R et NAYLOR, J M, 1986. Further studies on the clinical features and clinicopathological findings of a syndrome of metabolic acidosis with minimal dehydration in neonatal calves. In : *Canadian Journal of Veterinary Research*. octobre 1986. Vol. 50, n° 4, p. 502-508.

KASKE, M., WERNER, A., SCHUBERTH, H.-J., REHAGE, J. et KEHLER, W., 2005. Colostrum management in calves: effects of drenching vs. bottle feeding. In : *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 1 avril 2005. Vol. 89, n° 3-6, p. 151-157. DOI 10.1111/j.1439-0396.2005.00535.x.

KITVIA, [sans date]. EPOC - Biochimie d'urgence. In : *Kitvia spécialiste en biologie vétérinaire* [en ligne]. [Consulté le 23 juin 2018]. Disponible à l'adresse : <http://www.kitvia.com/epoc>.

LEWIS, L. D. et PHILLIPS, R. W., 1972. Water and electrolyte losses in neonatal calves with acute diarrhea. A complete balance study. In : *The Cornell Veterinarian*. octobre 1972. Vol. 62, n° 4, p. 596-607.

LORENZ, Ingrid, MEE, John F, EARLEY, Bernadette et MORE, Simon J, 2011. Calf health from birth to weaning. I. General aspects of disease prevention. In : *Irish Veterinary Journal*. 16 septembre 2011. Vol. 64, n° 1, p. 10. DOI 10.1186/2046-0481-64-10.

MCNULTY, M. S., 1983. Rotavirus infections in calves. In : *Annales De Recherches Veterinaires. Annals of Veterinary Research*. 1983. Vol. 14, n° 4, p. 427-432.

METTON, R., 1997. Gastro-entérites néonatales du veau : évaluation des chances de guérison en fonction de paramètres biochimiques et de critères cliniques. In : [en ligne]. 1997. [Consulté le 1 mai 2018]. Disponible à l'adresse : <http://alex.vetagro-sup.fr/Record.htm?idlist=1&record=19132533124919507159>.

MILLEMANN, Y., 2009. Diagnosis of neonatal calf diarrhoea. In : *Revue de Médecine Vétérinaire*. 2009. Vol. 160, n° 8-9, p. 404-409.

MSD MANUAL, 2017. Diarrhea in Neonatal Ruminants - Digestive System. In : *Veterinary Manual* [en ligne]. 2017. [Consulté le 19 octobre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.msdevetmanual.com/digestive-system/intestinal-diseases-in-ruminants/diarrhea-in-neonatal-ruminants>.

NAVETAT, Hervé, RIZET, Claude, MEYUS, André, FOUCRAS, Gilles, SCHELCHER, Francois et CHASTÉL, Claude, 2007. La réhydratation du veau: Présentation d'un système expert. In : [en ligne]. 2007. [Consulté le 9 octobre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/47903>.

NAYLOR, Jonathan M., 1987. Severity and nature of acidosis in diarrheic calves over and under one week of age. In : *The Canadian Veterinary Journal*. 1987. Vol. 28, n° 4, p. 168.

NAYLOR, Jonathan M., MAPLETOFT, Reuben J., ASHBURNER, Sue, BAILEY, Jeremy, BARBER, Spence M., BARTH, Albert D., BRISTOL, Frank, CAMPBELL, Emeritus John, CARD, Claire, CARRUTHERS, Terry D. et OTHERS, 2003. La fluidothérapie intraveineuse chez les veaux diarrhéiques. In : *MARS* [en ligne]. 2003. Vol. 3, n° 3. [Consulté le 9 octobre 2017]. Disponible à l'adresse : https://www.researchgate.net/profile/Gordon_Zello/publication/239603617_La_fluidotherapie_intraveineuse_chez_les_veaux_diarrheiques/links/5550c9a308ae93634ec9ef3c.pdf.

NIETHAMMER, FM, 2007. *Untersuchungen zur Dehydratation bei Kälbern mit akuter Diarrhoe unter Berücksichtigung ausgewählter klinischer und labordiagnostischer Parameter*. Doctoral thesis. S.l. : Ludwig-Maximilians- University Munich, Veterinary Faculty.

OTTER, Arthur, 2013. Diagnostic blood biochemistry and haematology in cattle. In : *In Practice*. janvier 2013. Vol. 35, n° 1, p. 7-16. DOI 10.1136/inp.e8719.

PICCO, Natalia Y., ALUSTIZA, Fabrisio E., BELLINGERI, Romina V., GROSSO, María C., MOTTA, Carlos E., LARRIESTRA, Alejandro J., VISSIO, Claudina, TIRANTI, Karina I., TERZOLO, Horacio R., MOREIRA, Ana R. et VIVAS, Adriana B., 2015. Molecular screening of pathogenic *Escherichia coli* strains isolated from dairy neonatal calves in Cordoba province, Argentina. In : *Revista Argentina de Microbiología*. avril 2015. Vol. 47, n° 2, p. 95-102. DOI 10.1016/j.ram.2015.01.006.

R CORE TEAM, 2017. *R: A Language and Environment for Statistical Computing* [en ligne]. Vienna, Austria : R Foundation for Statistical Computing. Disponible à l'adresse : <https://www.R-project.org/>.

RAVARY, Bérangère, SLATTER, Nicolas et ROCH, Nicolas, 2006. *Néonatalogie du veau*. Maisons-Alfort, France : Éditions du Point Vétérinaire. ISBN 978-2-86326-226-9.

RAVARY-PLUMIOËN, B., 2009. Resuscitation procedures and life support of the newborn calf. In : *Revue Méd. Vét.* 2009. Vol. 160, n° 8/9, p. 410–419.

RISCO, Carlos et MELENDEZ, Pedro, 2011. *Dairy Production Medicine*. S.I. : John Wiley & Sons. ISBN 978-0-470-96052-3.

ROLLIN, F., 2002. [Rational oral rehydration of the diarrheic calf]. In : . 2002. p. 14.

SEIFI, H. A., MOHRI, M., SHOOREI, E. et FARZANEH, N., 2006. Using haematological and serum biochemical findings as prognostic indicators in calf diarrhoea. In : *Comparative Clinical Pathology*. septembre 2006. Vol. 15, n° 3, p. 143-147. DOI 10.1007/s00580-006-0620-8.

SMITH, David R., 2012. Field Disease Diagnostic Investigation of Neonatal Calf Diarrhea. In : *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 1 novembre 2012. Vol. 28, n° 3, p. 465-481. DOI 10.1016/j.cvfa.2012.07.010.

SMITH, Geof W., 2009. Treatment of Calf Diarrhea: Oral Fluid Therapy. In : *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. mars 2009. Vol. 25, n° 1, p. 55-72. DOI 10.1016/j.cvfa.2008.10.006.

SMITH, Geof W. et BERCHTOLD, Joachim, 2014. Fluid Therapy in Calves. In : *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 1 juillet 2014. Vol. 30, n° 2, p. 409-427. DOI 10.1016/j.cvfa.2014.04.002.

SWIATEK, D.L., PALOMBO, E.A., LEE, A., COVENTRY, M.J., BRITZ, M.L. et KIRKWOOD, C.D., 2010. Detection and analysis of bovine rotavirus strains circulating in Australian calves during 2004 and 2005. In : *Veterinary Microbiology*. janvier 2010. Vol. 140, n° 1-2, p. 56-62. DOI 10.1016/j.vetmic.2009.07.020.

THOMSON, Sarah, HAMILTON, Carly A., HOPE, Jayne C., KATZER, Frank, MABBOTT, Neil A., MORRISON, Liam J. et INNES, Elisabeth A., 2017. Bovine cryptosporidiosis: impact, host-parasite interaction and control strategies. In : *Veterinary Research* [en ligne]. décembre 2017. Vol. 48, n° 1. [Consulté le 9 octobre 2017]. DOI 10.1186/s13567-017-0447-0. Disponible à l'adresse : <http://veterinaryresearch.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13567-017-0447-0>.

TREFZ, Florian M., LORCH, Annette, FEIST, Melanie, SAUTER-LOUIS, Carola et LORENZ, Ingrid, 2012. Construction and validation of a decision tree for treating metabolic acidosis in calves with neonatal diarrhea. In : *BMC veterinary research*. 2012. Vol. 8, n° 1, p. 238.

TREFZ, Florian M., LORENZ, Ingrid, LORCH, Annette et CONSTABLE, Peter D., 2017. Clinical signs, profound acidemia, hypoglycemia, and hypernatremia are predictive of mortality in 1,400 critically ill neonatal calves with diarrhea. In : *PLoS ONE* [en ligne]. 17 août 2017. Vol. 12, n° 8. [Consulté le 16 octobre 2017]. DOI 10.1371/journal.pone.0182938. Disponible à l'adresse : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5560544/>.

TREFZ, F.M., CONSTABLE, P.D., SAUTER-LOUIS, C., LORCH, A., KNUBBEN-SCHWEIZER, G. et LORENZ, I., 2013. Hyperkalemia in neonatal diarrheic calves depends on the degree of dehydration and the cause of the metabolic acidosis but does not require the presence of acidemia. In : *Journal of Dairy Science*. novembre 2013. Vol. 96, n° 11, p. 7234-7244. DOI 10.3168/jds.2013-6945.

ULUTAS, B. et SAHAL, M., 2005. Urinary GGT/creatinine ratio and fractional excretion of electrolytes in diarrhoeic calves. In : *Acta Veterinaria Hungarica*. 2005. Vol. 53, n° 3, p. 351–359.

VIRBAC BVT, 2017. Speed V-Diar 4 & Speed V-Diar 5. In : [en ligne]. 2017. [Consulté le 21 octobre 2017]. Disponible à l'adresse : <https://bvt.virbac.com/home/diagnostic-solutions/pour-le-veterinaire-praticien/produit-1/main/produits/speed-v-diar-4--v-diar-1.html>.

WELDON, Alan D., MOISE, N. S. et REBHUN, W. C., 1992. Hyperkalemic atrial standstill in neonatal calf diarrhea. In : *Journal of veterinary internal medicine*. 1992. Vol. 6, n° 5, p. 294–297.

MESSAND Elodie

GASTROENTERITE NEONATALE DU VEAU : DETERMINATION DE FACTEURS PRONOSTIQUES A LA SURVIE A 15 JOURS A L'AIDE D'UNE ENQUÊTE AUPRES DE VETERINAIRES PRATICIENS

Thèse d'Etat de Doctorat Vétérinaire : Lyon, 23 novembre 2018

RESUME :

Ce travail traite de l'établissement de facteurs pronostiques à la survie à 15 jours d'un veau atteint de gastroentérite néonatale. Il s'agit d'une étude rétrospective qui utilise des données de terrains transmises par des vétérinaires praticiens français par le biais de leurs réponses à un questionnaire d'évaluation du veau diarrhéique, lors de leur premier examen clinique et donnant l'indication sur la survie 15 jours plus tard.

La première partie de ce travail est une étude bibliographique sur les gastroentérites néonatales du veau. Elle insiste particulièrement sur les perturbations métaboliques engendrées par la diarrhée. Les facteurs pronostiques déjà présents dans la littérature sont recensés. Ces facteurs ne font, à l'heure actuelle, aucun consensus.

La seconde partie de la thèse présente l'analyse statistique des données récoltées par le biais des 105 réponses au questionnaire. La quantité de réponse n'a permis de faire rentrer dans la création de modèles de régressions logistiques que 5 critères cliniques : la déshydratation, l'âge, l'intensité du réflexe de succion, la température rectale et le pH. Trois modèles ont été créés et seul un a été retenu, mettant en évidence que seule la qualité du réflexe de succion est pronostique à la survie à 15 jours. Une probabilité de survie a été calculée en fonction de l'intensité du réflexe de succion, dans 3 situations.

MOTS CLES :

- gastroentérite
- survie (médecine)
- veaux
- bovins
- maladies -- pronostic

JURY :

Président : Monsieur le Professeur Pierre COCHAT
1er Assesseur : Madame la Docteur Claire BECKER
2ème Assesseur : Monsieur le Docteur Antonin TORTEREAU

DATE DE SOUTENANCE : 23 novembre 2018