



HAL
open science

Intérêt et limites du Ph urinaire pour l'évaluation de l'acidose métabolique lors de différents syndromes du veau nouveau-né

Marine Pascal

► **To cite this version:**

Marine Pascal. Intérêt et limites du Ph urinaire pour l'évaluation de l'acidose métabolique lors de différents syndromes du veau nouveau-né. Médecine vétérinaire et santé animale. 2018. dumas-04055924

HAL Id: dumas-04055924

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04055924v1>

Submitted on 3 Apr 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

INTERET ET LIMITES DU pH URINAIRE POUR L'EVALUATION DE L'ACIDOSE METABOLIQUE LORS DE DIFFERENTS SYNDROMES DU VEAU NOUVEAU-NE

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

par

PASCAL Marine

Directeur de thèse : M. François SCHELCHER

JURY

PRESIDENT :
M. Bertrand PERRET

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :
M. François SCHELCHER
M. Fabien CORBIERE

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

Répartition des Enseignants-Chercheurs par Département.

Mise à jour : 15/01/2018

DIRECTRICE : ISABELLE CHMITELIN

ELEVAGE ET PRODUITS/SANTÉ PUBLIQUE VÉTÉRINAIRE	SCIENCES BIOLOGIQUES ET FONCTIONNELLES	SCIENCES CLINIQUES DES ANIMAUX DE COMPAGNIE, DE SPORT ET DE LOISIRS
<p>Responsable : M. SANS</p> <p><u>ALIMENTATION ANIMALE :</u> M. ENJALBERT Francis, PR Mme PRIYMENKO Nathalie, MC Mme MEYNADIER Annabelle, MC</p> <p><u>EPIDEMIOLOGIE :</u> Mathilde PAUL, MC</p> <p><u>PARASITOLOGIE-ZOOLOGIE :</u> M. FRANC Michel, PR M. JACQUIET Philippe, PR M. LIENARD Emmanuel, MC Mme BOUHSIRA Emilie, MC</p> <p><u>HYGIENE ET INDUSTRIE DES ALIMENTS :</u> M. BRUGERE Hubert, PR M. BAILLY Jean-Denis, PR Mme BIBBAL Delphine, MC Mme COSTES Laura, AERC Mme DAVID Laure, MC</p> <p><u>PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION :</u> M. BERTHELOT Xavier, PR M. BERGONIER Dominique, MC Mme CHASTANT-MAILLARD Sylvie, PR Mme HAGEN-PICARD Nicole, PR M. NOUVEL Laurent-Xavier, MC Mme MILA Hanna, MC</p> <p><u>PATHOLOGIE DES RUMINANTS :</u> M. SCHELCHER François, PR M. FOUCRAS Gilles, PR M. CORBIERE Fabien, MC M. MAILLARD Renaud, PR M. MEYER Gilles, PR M. HERRY Vincent, MCC</p> <p><u>PRODUCTION ET PATHOLOGIE AVIAIRE ET PORCINE :</u> Mme WARET-SZKUTA Agnès, MC M. JOUGLAR Jean-Yves, MC M. GUERIN Jean-Luc, PR M. LE LOC'H Guillaume, MC</p> <p><u>PRODUCTIONS ANIMALES</u> <u>AMELIORATION GENETIQUE ECONOMIE :</u> M. DUCOS Alain, PR M. SANS Pierre, PR M. RABOISSON Didier, MC</p>	<p>Responsable : Mme GAYRARD</p> <p><u>ANATOMIE :</u> M. MOGICATO Giovanni, MC M. LIGNEREUX Yves, PR Mme DEVIERS Alexandra, MC M. CARTIAUX Benjamin, AERC</p> <p><u>ANATOMIE PATHOLOGIQUE - HISTOLOGIE :</u> M. DELVERDIER Maxence, PR Mme LETRON-RAYMOND Isabelle, PR Mme BOURGES-ABELLA Nathalie, PR Mme LACROUX Caroline, PR M. GAIDE Nicolas, AERC</p> <p><u>BIOLOGIE MOLECULAIRE :</u> Mme BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle, MC</p> <p><u>MICROBIOLOGIE – IMMUNOLOGIE - MALADIES INFECTIEUSES :</u> M. BERTAGNOLI Stéphane, PR M. VOLMER Romain, MC Mme BOULLIER Séverine, PR Mme DANIELS Hélène, MC</p> <p><u>SANTÉ PUBLIQUE VÉTÉRINAIRE – MALADIES ANIMALES REGLEMENTEES :</u> M. VERGNE Timothée, MC</p> <p><u>BIOSTATISTIQUES :</u> M. CONCORDET Didier, PR M. LYAZRHI Faouzi, MC</p> <p><u>PHARMACIE-TOXICOLOGIE :</u> M. PETIT Claude, PR Mme CLAUW Martine, PR M. GUERRE Philippe, PR M. JAEG Philippe, MC</p> <p><u>PHYSIOLOGIE –PHARMACOLOGIE THERAPEUTIQUE :</u> M. BOUSQUET-MELOU Alain, PR Mme GAYRARD-TROY Véronique, PR Mme FERRAN Aude, MC M. LEFEBVRE Hervé, PR</p> <p><u>BIOCHIMIE. :</u> Mme BENNIS-BRET Lydie, MC</p> <p><u>ANGLAIS :</u> M. SEVERAC Benoît, PLPA Mme MICHAUD Françoise, PCEA</p>	<p>Responsable : Mme CADIERGUES</p> <p><u>ANESTHESIOLOGIE</u> M. VERWAERDE Patrick, MC</p> <p><u>CHIRURGIE :</u> M. AUTEFAGE André, PR M. ASIMUS Erik, MC M. MATHON Didier, MC Mme MEYNAUD-COLLARD Patricia, MC Mme PALIERNE Sophie, MC</p> <p><u>MEDECINE INTERNE :</u> Mme DIQUELOU Armelle, MC M. DOSSIN Olivier, MC Mme LAVOUE Rachel, MC Mme GAILLARD-THOMAS Elodie, MCC M. JOUSSERAND Nicolas, AERC</p> <p><u>OPHTALMOLOGIE :</u> M. DOUET Jean-Yves, MC</p> <p><u>DERMATOLOGIE :</u> Mme CADIERGUES Marie-Christine, PR</p> <p><u>IMAGERIE MEDICALE</u> M. CONCHOU Fabrice, MC</p> <p><u>BIOLOGIE MEDICALE. :</u> Mme TRUMEL Catherine, PR</p> <p><u>PATHOLOGIE DES EQUIDES :</u> M. CUEVAS RAMOS Gabriel, MC Mme LALLEMAND Elodie, MC Mme BORDE-DORE Laura, MCC</p>

Remerciements

Aux membres du jury de thèse :

A Monsieur Bertrand PERRET,

Professeur à l'Université Paul Sabatier de Toulouse,

Biologiste médical,

Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse.

Hommages respectueux.

A Monsieur François SCHELCHER

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Pathologie des ruminants,

Qui m'a guidée tout au long de l'élaboration de ce travail.

Pour sa patience et ses précieux conseils.

Sincères remerciements.

A Monsieur Fabien CORBIERE

Maitre de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Pathologie des ruminants,

Qui a aimablement accepté de faire partie de mon jury de thèse.

Sincère reconnaissance.

Aux personnes impliquées dans la réalisation de cette thèse,

A Mademoiselle Tifenn CORRE

Pour ta grande disponibilité, ta patience et ton aide plus que précieuse dans la réalisation de ce travail, ainsi que dans la compréhension des statistiques. Un immense merci !

A Monsieur Jean-Pierre BRAUN

Pour vos réponses rapides et votre contribution aux statistiques, merci.

A Monsieur Nicolas HERMAN,

Résident à l'école nationale vétérinaire de Toulouse,
Pathologie des ruminants,

Pour ta disponibilité, pour tous ces articles envoyés, et pour tes conseils avisés, merci mille fois !

A Mademoiselle Pauline RAGOT,

pour ton accueil au Donjon, et pour tout le reste...

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES FIGURES.....	7
TABLE DES TABLEAUX.....	9
I. NATURE DE L'ETUDE ET OBJECTIFS	14
II. MATERIEL ET METHODES.....	14
1. Animaux et enregistrement des données.....	14
i. Constitution de l'échantillon.....	14
ii. Données enregistrées par animal	15
a) Les investigateurs	15
b) La fiche d'examen standardisé	15
2. Les prélèvements.....	17
i. Le sang.....	17
ii. L'urine	17
3. Analyses et conditionnement des spécimens	17
i. L'analyse d'urine	17
ii. L'analyse de sang.....	18
4. Traitement des données.....	20
i. Obtention de la population finale.....	20
ii. Définition de groupes en fonction du syndrome épidémio-clinique.....	20
iii. Les analyses statistiques	23
III. RESULTATS	24
1. Caractéristiques de la population des 193 veaux	24
i. Race	24
ii. Age.....	24
iii. Sexe.....	25
2. Statistiques descriptives des résultats cliniques et biochimiques des 193 veaux.....	26
i. Symptômes.....	26
a) Température rectale	26
b) Le pourcentage de déshydratation	27
c) Enophtalmie	28
d) Persistance du pli de peau.....	29
e) Posture et état de vigilance	30
f) Réflexe de succion et réflexe palpébral.....	32
g) Consistance des fèces	33
ii. Résultats de pH urinaire.....	34
iii. Résultats de biochimie sanguine.....	35
a) Statistiques descriptives du pH sanguin.....	35
b) Statistiques descriptives de tCO ₂	36
c) Statistiques descriptives de pCO ₂	37
d) Statistiques descriptives de la concentration en HCO ₃ ⁻ sanguins.....	38

e) Statistiques descriptives du trou anionique.....	38
f) Statistiques descriptives de l'excès de bases.....	39
g) Statistiques descriptives des concentrations en Na, K, Cl.....	40
iv. Réhydratation préalable par l'éleveur.....	42
3. Comparaison entre les différentes méthodes de mesure du pH urinaire.....	42
i. Relation entre les valeurs du pH urinaire obtenues avec le pH-mètre, la bandelette McolorpHast™ de MERCK, et la bandelette Urivet-100® de KITVIA.....	42
ii. Évaluation de la dérive du pH urinaire mesuré au pH-mètre.....	44
4. Relation entre le pH urinaire (pH-mètre) et les paramètres acido-basiques sanguins de 193 veaux.....	45
5. Relation entre les paramètres acido-basiques sanguins et les signes cliniques de 193 veaux.....	46
i. Relation entre le pH sanguin et les signes cliniques.....	47
ii. Relation entre la concentration en HCO ₃ ⁻ sanguin et les signes cliniques.....	51
iii. Relation entre l'EB et les différents signes cliniques.....	55
iv. Relation entre le trou anionique et les différents signes cliniques.....	59
6. Relation entre le pH urinaire et les signes cliniques de 193 veaux.....	63
7. Relations entre le pH urinaire et les paramètres acido-basiques sanguins, segmentées par syndrome clinique.....	66
i. Syndrome « Anoxie/septicémie ».....	66
ii. Syndrome « diarrhée du veau jusqu'à 5 jours ».....	67
iii. Syndrome « diarrhée du veau de plus de 5 jours par maldigestion / malabsorption /».....	68
iv. Syndrome « Gastro-entérite paralysante ».....	69
v. Autres syndromes.....	70
IV. DISCUSSION.....	72
1. Matériels et méthodes.....	72
i. Les investigateurs.....	72
iii. L'examen clinique.....	74
iv. Les prélèvements et leur conditionnement.....	76
vi. Le traitement des données.....	77
2. Résultats.....	78
i. Syndromes cliniques.....	78
ii. Signes cliniques.....	80
iii. Troubles acido-basiques sanguins.....	83
iv. Troubles électrolytiques sanguins.....	85
v. Comparaison des méthodes d'évaluation du pH urinaire.....	88
vi. Relation entre les paramètres acido-basiques sanguins et les signes cliniques.....	88
vii. Relation entre le pH urinaire et les paramètres acido-basiques sanguins.....	92

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Age (en jours) des 193 veaux (nombre et pourcentage).....	25
Figure 2 : Sexe des 193 veaux (nombre et pourcentage).....	26
Figure 3 : Répartition des 193 veaux selon leur température rectale.....	27
Figure 4 : Classes de déshydratation des 193 veaux.....	28
Figure 5 : Enophtalmie (enfoncement du globe oculaire en mm) des 193 veaux.....	29
Figure 6 : Persistance du pli de peau (en secondes) de 193 veaux.....	29
Figure 7 : Réflexe de succion des 193 veaux.....	32
Figure 8 : Réflexe palpébral des 193 veaux.....	33
Figure 9 : Consistance des fèces des 193 veaux.....	33
Figure 10 : Valeurs du pH urinaire (médiane, Q25, Q75, mini, maxi) obtenues avec le pH-mètre HANNA®, la bandelette McolorpHast™ de MERCK et de la bandelette Uri-vet100® de KITVIA, pour les 193 veaux.....	34
Figure 11 : Statistiques descriptives du pH sanguin des 193 veaux.....	36
Figure 12 : Statistiques descriptives de $t\text{CO}_2$ pour 193 veaux.....	36
Figure 13 : Statistiques descriptives de la $p\text{CO}_2$ pour 193 veaux.....	37
Figure 14 : Statistiques descriptives de la concentration en HCO_3^- sanguin.....	38
Figure 15 : Statistiques descriptives du trou anionique pour 193 veaux.....	39
Figure 16 : Statistiques descriptives de l'excès de bases (EB) pour 193 veaux.....	40
Figure 17 : Statistiques descriptives des concentrations sanguines (mmol/L) en Na, K et Cl pour 193 veaux.....	41
Figure 18 : Relation entre le pH urinaire de 193 veaux, évalué avec le pH-mètre et la bandelette McolorpHast®.....	43
Figure 19 : Relation entre le pH urinaire de 193 veaux, évalué avec le pH-mètre et la bandelette Urivet-100®.....	43
Figure 20 : Relation entre le pH urinaire de 193 veaux, évalué avec la bandelette McolorpHast™ et la bandelette Urivet-100®.....	44
Figure 21 : Évaluation de la dérive des mesures du pH urinaire obtenues avec le pH-mètre.....	44
Figure 22 : Relation entre le pH urinaire et le pH sanguin, la concentration en HCO_3^- , le trou anionique et l'excès de bases de 193 veaux.....	45
Figure 23 : Relation HCO_3^- sanguin et EB calculé.....	46
Figure 24 : Relation entre le pH sanguin et la température rectale pour 193 veaux.....	48
Figure 25 : Relation entre le pH sanguin et la posture pour 193 veaux.....	48
Figure 26 : Relation entre le pH sanguin et la vigilance des 193 veaux.....	49
Figure 27 : Relation entre le pH sanguin et le réflexe palpébral pour 193 veaux.....	49
Figure 28 : Relation entre le pH sanguin et le réflexe de succion pour 193 veaux.....	49
Figure 29 : Relation entre le pH sanguin et le pourcentage de déshydratation.....	50
Figure 30 : Relation entre la concentration en HCO_3^- sanguin et la température rectale pour 193 veaux.....	52
Figure 31 : Relation entre la concentration en HCO_3^- sanguin et la posture pour 193 veaux.....	52
Figure 32 : Relation entre la concentration en HCO_3^- sanguin et la vigilance pour 193 veaux.....	53
Figure 33 : Relation entre la concentration en HCO_3^- sanguin et le réflexe palpébral pour 193 veaux.....	53
Figure 34 : Relation entre la concentration en HCO_3^- sanguin et le réflexe de succion pour 193 veaux.....	53
Figure 35 : Relation entre la concentration en HCO_3^- sanguin et le pourcentage de déshydratation.....	54
Figure 36 : Relation entre l'EB et la température rectale pour 193 veaux.....	56

Figure 37 : Relation entre l'EB et la posture pour 193 veaux.....	56
Figure 38 : Relation entre l'EB et la vigilance pour 193 veaux.	57
Figure 39 : Relation entre l'EB et le réflexe palpébral pour 193 veaux.....	57
Figure 40 : Relation entre l'EB et le réflexe de succion pour 193 veaux.....	57
Figure 41 : Relation entre l'EB et le pourcentage de déshydratation.	58
Figure 42 : Relation entre le TA et la température rectale pour 193 veaux.....	60
Figure 43 : Relation entre le TA et la posture pour 193 veaux.....	60
Figure 44 : Relation entre le TA et la vigilance pour 193 veaux.....	61
Figure 45 : Relation entre le TA et réflexe palpébral pour 193 veaux.	61
Figure 46 : Relation entre le TA et le réflexe de succion pour 193 veaux.	61
Figure 47 : Relation entre le TA et le pourcentage de déshydratation pour 193 veaux.....	62
Figure 48 : Relation entre le pH urinaire et la température rectale pour 193 veaux.....	63
Figure 49 : Relation entre le pH urinaire et la posture pour 193 veaux.....	64
Figure 50 : Relation entre le pH urinaire et la vigilance pour 193 veaux.....	64
Figure 51 : Relation entre le pH urinaire et le réflexe palpébral.	64
Figure 52 : Relation entre le pH urinaire et le réflexe de succion pour 193 veaux.	65
Figure 53 : Relation entre le pH urinaire et le pourcentage de déshydratation pour 193 veaux.....	65
Figure 54 : Relation entre le pH urinaire et les paramètres acido-basiques sanguins (pH, HCO ₃ ⁻ , trou anionique) de 10 veaux atteints du syndrome « anoxie / septicémie ».	67
Figure 55 : Relation entre le pH urinaire et les paramètres acido-basiques sanguins (pH, HCO ₃ ⁻ , excès de base, trou anionique) de 35 veaux atteints du syndrome « diarrhée à moins de 5 jours d'âge ».	68
Figure 56 : Relation entre le pH urinaire et les paramètres acido-basiques sanguins (pH, HCO ₃ ⁻ , excès de base, trou anionique) de 96 veaux atteints du syndrome « diarrhée de veaux de plus de 5 jours par maldigestion/malabsorption ».	69
Figure 57 : Relation entre le pH urinaire et les paramètres acido-basiques sanguins (pH, HCO ₃ ⁻ , excès de base, trou anionique) de 26 veaux atteints du syndrome « gastro-entérite paralysante ».	70
Figure 58 : Relation entre le pH urinaire et les paramètres acido-basiques sanguin (pH, HCO ₃ ⁻ , excès de base, trou anionique) de 26 veaux atteints d'affections diverses.	71
Figure 59 : Effectifs des veaux selon la classe de déshydratation déterminée selon les différents critères et la méthode utilisée.....	75
Figure 60 : Effectifs des veaux selon la classe de déshydratation déterminée selon trois niveaux.	81

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Critères de définition des syndromes.....	22
Tableau 2 : Caractéristiques de la variable âge pour 193 veaux.....	25
Tableau 3 : Caractéristiques de distribution de la température rectale au sein de la population des 193 veaux.....	27
Tableau 4 : Déshydratation, énophtalmie et persistance du pli de peau des 193 veaux.....	30
Tableau 5 : Posture et vigilance des 193 veaux.....	31
Tableau 6 : Caractéristiques du pH urinaire obtenu avec le pH-mètre HANNA®, la bandelette McolorpHast™ de MERCK et la bandelette Uri-vet100® KITVIA, pour les 193 veaux.....	35
Tableau 7 : Caractéristiques descriptives du pH sanguin pour 193 veaux.....	36
Tableau 8 : Caractéristiques de la variable tCO ₂ pour 193 veaux.....	37
Tableau 9 : Caractéristiques de la pCO ₂ pour 193 veaux.....	37
Tableau 10 : Caractéristiques de la concentration en HCO ₃ ⁻ sanguin pour 193 veaux.....	38
Tableau 11 : Caractéristiques du trou anionique pour 193 veaux.....	39
Tableau 12 : Caractéristiques de l'excès de bases (EB) pour 193 veaux.....	40
Tableau 13 : Caractéristiques des concentrations sanguines (mmol/L) en Na, K et Cl pour 193 veaux.....	41
Tableau 14 : Nombre de veaux examinés par investigateur.....	72
Tableau 15 : Classes d'intensité de la déshydratation en fonction de différents signes cliniques (Schelcher 2008) (Smith 2009).....	76
Tableau 16 : Résultats des scores de posture et de vigilance en nombre et en pourcentage.....	82
Tableau 17 : Nombre et pourcentage des veaux en fonction de l'origine de l'acidose.....	84
Tableau 18 : Effectif et pourcentage des veaux en hyperkaliémie en fonction de leur posture et de leur vigilance.....	87
Tableau 19 : Relations entre les principaux signes cliniques et les paramètres acido-basiques.....	89
Tableau 20 : Examen clinique et note attribuée aux symptômes afin d'évaluer l'acidose métabolique chez le veau nouveau-né (Kasari <i>et al.</i> 1986).....	90
Tableau 21 : Déficit de bases des veaux atteints de DNN en fonction de l'âge et du score total de l'examen clinique (Kasari, Naylor 1986).....	91
Tableau 22 : Estimation du déficit de bases en fonction de différents signes cliniques (Trefz <i>et al.</i> 2012).....	91

LISTE DES ABREVIATIONS

DNN : diarrhée néo-natales

EB : excès de bases

TA : trou anionique

GEP : gastro-entérite paralysante

MDMA : maldigestion-malabsorption

pH : potentiel hydrogène

RP : réflexe palpébral

RS : réflexe de succion

DH : déshydratation

INTRODUCTION

Chez le veau nouveau-né (1^{er} mois de vie), les troubles de l'équilibre acido-basique sont très fréquents. L'acidose, qu'elle soit d'origine respiratoire, métabolique ou mixte, est la déviation majeure de ces perturbations métaboliques, en relation avec la prévalence des affections et syndromes associés. Sa maîtrise est un des axes essentiels du traitement curatif.

L'acidémie, définie par un pH sanguin veineux inférieur à 7,35, est observée dans 3 affections ou syndromes majeurs :

- l'anoxie / hypoxie lors de la mise bas,
- la diarrhée néonatale (DNN),
- le syndrome qualifié de « gastro-entérite paralysante » (GEP).

L'anoxie / hypoxie du veau en période néonatale, le plus souvent associée à une dystocie avec une insuffisance de l'hématose, conduit à une acidose mixte, avec une composante respiratoire par accumulation de CO₂, et une composante métabolique par accumulation de L-Lactate, suite à la déviation du métabolisme énergétique des cellules vers la voie anaérobie (Schelcher *et al.* 2012). Ce mécanisme est également observé lors de pneumopathie sévère.

Le syndrome de DNN est très fréquemment à l'origine d'acidose métabolique chez le veau. Deux mécanismes peuvent être schématiquement distingués.

- Lors de diarrhée sécrétoire, certaines bactéries, en particulier le pathotype entérotoxinogène d'*Escherichia coli* (ECET), modifient la fonction entérocytaire, avec une sécrétion nette d'eau, de sodium et de chlorures au lieu d'un bilan net d'absorption (Smith, Berchtold 2014). Dans ce cas l'acidose métabolique, souvent d'intensité légère à modérée, s'explique principalement par les pertes nettes en électrolytes, avec une perte différentielle supérieure pour les cations, en particulier le sodium par comparaison au chlorure, d'où le terme d'acidose « hyperchlorémique » (Constable 2014), (Constable *et al.* 2005). Ces mécanismes sont prépondérants sur les veaux de moins de moins de 7 jours (Trefz *et al.* 2012b), en raison de la prévalence relative des agents infectieux impliqués dans cette classe d'âge.

- Lors de diarrhée par maldigestion / malabsorption (MDMA), les infections virales (*Rotavirus*, *Coronavirus...*), parasitaires (*Cryptosporidium...*), induisent des lésions entérocytaires, qui diminuent la digestion et l'absorption des nutriments ainsi que l'absorption des

électrolytes et de l'eau (Smith, Berchtold 2014). Le lactose accumulé est un substrat pour les fermentations bactériennes dans le gros intestin, avec production terminale d'acides, en particulier d'acide D-lactique. Dans ce cas, l'acidose métabolique, souvent de forte intensité, s'explique principalement par une augmentation du D-Lactate plasmatique (Schelcher *et al.* 1998) (Ewaschuk *et al.* 2004). Ces mécanismes sont prépondérants sur les veaux de plus de 7 jours (Trefz *et al.* 2012b), en raison de la prévalence relative des agents infectieux impliqués dans cette classe d'âge.

Par ailleurs, et quel que soit le mécanisme de la diarrhée, la déshydratation, d'intensité cependant très variable, contribue à expliquer l'acidose métabolique, en raison de :

- l'hémoconcentration avec augmentation de la concentration notamment en albumine plasmatique,
- l'accumulation de phosphates et de plusieurs anions forts habituellement non dosés (sulfate, urate, oxalate ...), secondaire à l'insuffisance pré-rénale ou rénale (syndrome urémique) qui diminue les ajustements homéostatiques (Constable *et al.* 2005), (Constable 2014).

Le syndrome qualifié de GEP reste une entité mal connue. L'acidose métabolique, toujours sévère et sans déshydratation détectable cliniquement, est due à l'accumulation de D-Lactate plasmatique (Schelcher *et al.* 1998). Les mécanismes et les causes infectieuses ou alimentaires qui conduisent à la production digestive de D-lactate restent mal connus (Lorenz *et al.* 2014). Seule une dysbiose du microbiote intestinal est observée (Bleul *et al.* 2013).

Quelle que soit l'origine de l'acidose, sa maîtrise nécessite une fluidothérapie basée sur l'administration de substances tampons par voie orale ou veineuse, qui implique une estimation précise du déficit de bases (Trefz *et al.* 2012b), (Smith *et al.* 2014). Différentes contraintes pratiques limitent le recours aux examens biochimiques sanguins : la très fréquente mise en œuvre des mesures curatives en ferme et non dans un contexte d'hospitalisation, la nécessité de disposer d'analyseurs adaptés, et le coût des examens.

Comment le clinicien peut-il alors estimer au mieux le déficit de bases, au chevet du malade, sans recourir aux examens de laboratoire ?

Différents symptômes (comportement et vigilance, posture et locomotion, réflexes palpébral et de succion) sont liés à l'acidose métabolique (Lorenz *et al.* 2010), (Lorenz *et al.* 2005), (Bellino *et al.* 2012).

Dans un contexte d'utilisation sur le terrain, différents arbres décisionnels ont été publiés reliant des critères épidémio-cliniques simples (âge du veau inférieur ou supérieur à 7 j, capacité à se tenir debout, réflexe palpébral, degré d'énophtalmie) et recommandations d'apport en bicarbonates (Naylor 1989), (Trefz *et al.* 2012b).

De façon empirique, certains vétérinaires praticiens utilisent le pH urinaire comme critère diagnostique d'une acidose. Son évaluation est peu coûteuse et réalisable au chevet de l'animal. Le fondement théorique de cette approche est lié au rôle majeur du rein dans la régulation de l'équilibre acido-basique.

Chez le bovin adulte en bonne santé, le pH urinaire permet une approche précise de l'excrétion nette de base pour des valeurs de pH supérieures à 6.3 ; le pH urinaire s'avère un bon marqueur du bilan anions - cations de la ration, et en particulier des apports alimentaires en potassium (Constable *et al.* 2009).

Toutefois l'intérêt du pH urinaire n'a pas été objectivement évalué chez le veau nouveau-né (tout comme ses valeurs usuelles) dont l'alimentation diffère fondamentalement de celle de l'adulte, et *a fortiori* chez le veau malade ou en situation d'acidose sanguine.

I. NATURE DE L'ETUDE ET OBJECTIFS

L'étude a été réalisée sur une cohorte de veaux nouveau-nés de races allaitantes, âgés de moins de trois mois, naturellement malades (principalement atteints de diarrhée) et hospitalisés dans une seule clinique vétérinaire, sur 2 années consécutives (2014 et 2015).

Dans ce contexte, les objectifs étaient

- de comparer différentes modalités pratiques d'évaluation du pH urinaire (pH-mètre en technique de référence (« *gold standard* »), et papier pH Merck McolorpHast™ et bandelette urinaire Urivet-100® de KITVIA),
- d'étudier la fiabilité du pH urinaire pour estimer la nature et l'intensité des troubles acido-basiques du veau nouveau-né.

II. MATERIEL ET METHODES

1. Animaux et enregistrement des données

i. Constitution de l'échantillon

Les veaux hospitalisés à la clinique vétérinaire du Donjon dans le département de l'Allier, entre février et avril 2014 puis entre janvier et juin 2015 ont été retenus dans l'étude, sous réserve des critères suivants :

- être âgés de moins de trois mois,
- être atteints d'un syndrome diarrhéique, en incluant les cas de gastro-entérite paralysante, d'un syndrome « veau faible ou mou » dans les trois jours après la naissance qui recouvre différentes affections (anoxie, septicémie, hypothermie/hypoglycémie), d'un syndrome respiratoire grave, de diverses affections digestives ou infectieuses (occlusion, choc endotoxinique / septique ...),

- état clinique justifiant *a priori* une fluidothérapie par voie veineuse destinée à corriger la déshydratation, les troubles hydro-électrolytiques, acido-basiques ou métaboliques (hypoglycémie),
- possibilité de recueillir de l'urine (pour l'évaluation du pH),
- accord du détenteur de l'animal pour participer à l'étude.

Tous les veaux inclus dans l'étude ont reçu un traitement curatif prescrit selon les bonnes pratiques vétérinaires. L'administration d'un traitement préalable par l'éleveur (réhydratant oral, ou perfusion, antibiotique, ...) n'a pas été un motif d'exclusion. Dans ce dernier cas, les informations ont été consignées dans la fiche d'examen standardisé afin d'être éventuellement interprétées.

Sur les 2 années consécutives de l'étude, 274 veaux ont été initialement retenus, dont 106 veaux entre février et avril 2014, et 168 veaux entre janvier et juin 2015.

ii. Données enregistrées par animal

Pour chaque veau, une fiche d'enregistrement normalisée comprenant les principaux éléments d'identification, d'anamnèse, d'examen clinique et de laboratoire a été remplie par l'investigateur.

a) Les investigateurs

Les investigateurs étaient six docteurs-vétérinaires de la Clinique Vétérinaire du Donjon (Le Donjon, 03130).

b) La fiche d'examen standardisé

La fiche utilisée par les cliniciens est reproduite en annexe 1.

Chaque fiche est datée du jour d'hospitalisation.

Une identification interne est réalisée sur le modèle « ENVT + nombre ». Un nombre spécifique et croissant est attribué successivement à chaque veau inclus dans l'étude. Ce nombre a été utilisé pour identifier les spécimens biologiques correspondants.

La première partie « identification et anamnèse » précise l'identification du veau, son âge, son sexe, son poids, le motif de consultation, la date de début des symptômes, et les traitements préalablement effectués.

Une deuxième partie « symptômes » permet de guider l'examen clinique. Sont précisés :

- la température rectale (thermomètre électronique digital UKAL®¹),
- le pourcentage de déshydratation estimé de manière synthétique par l'investigateur,
- l'enfoncement du globe oculaire (distance globe – bord de l'orbite exprimée en mm)
- la persistance du pli de peau (exprimée en secondes)
- l'état des articulations et du nombril,
- la posture,
- l'état de vigilance,
- le réflexe palpébral,
- le réflexe de succion,
- la couleur des muqueuses,
- les caractéristiques des fèces (couleur et consistance),
- la fréquence cardiaque et les mouvements respiratoires.

Une hypothèse diagnostique est formulée par le clinicien. La date de sortie d'hospitalisation ou de mort de l'animal naturelle ou par euthanasie est enregistrée.

La partie « examen complémentaire » permet de noter les différents résultats des analyses réalisées au chevet du patient, qui seront détaillées dans un prochain paragraphe.

La partie « traitement » précise la nature des différents solutés utilisés pour la fluidothérapie, les anti-infectieux, anti-inflammatoires et adjuvants administrés, avec leurs quantités, rythmes et voies d'administration.

¹ UKAL ELEVAGE : 2 rue de l'étang, parc économique de la sauer, 67360 ESCHBACH

² KITVIA SAS : 16, Chemin de Perbost, 31800 LABARTHE-INARD

2. Les prélèvements

Les prélèvements de sang et d'urine ont été réalisés avant la mise en œuvre du traitement par le vétérinaire investigateur.

i. Le sang

Le sang est prélevé à la veine jugulaire, avec du matériel à usage unique, sur tube stérile BD Vacutainer® avec Héparine de Lithium.

ii. L'urine

L'urine est prélevée sur tube sec stérile BD Vacutainer®, après miction spontanée, ou stimulation par massage du prépuce ou de la vulve. Un nettoyage préalable systématique de la vulve et du fourreau est réalisé avec du savon et de l'eau, suivie d'un séchage avec du papier absorbant.

3. Analyses et conditionnement des spécimens

Les analyses biochimiques de l'urine et du sang ont été réalisées immédiatement après la collecte des spécimens, et dans tous les cas dans un délai inférieur à 30 minutes. Les résultats de biochimie sanguine ont été utilisés pour définir les modalités de la fluidothérapie.

i. L'analyse d'urine

Le pH urinaire est évalué le plus rapidement possible après le prélèvement, et dans tous les cas dans un délai inférieur à 10 minutes.

Trois méthodes différentes sont utilisées, toujours dans le même ordre, avec enregistrement du résultat, avant de passer à la technique suivante :

- plage pH des tiges support de plusieurs bandelettes Urivet-100® (KITVIA²),
- bandelette spécifiquement indicatrice de pH MColorpHast™ (MERCCK³),

² KITVIA SAS : 16, Chemin de Perbost, 31800 LABARTHE-INARD

- pH-mètre HI 8424® (HANNA⁴) étalonné trois à quatre fois par semaine, selon le nombre de veaux prélevés.

Outre le pH, la protéinurie, la glycosurie, l'activité peroxydase, la cétonurie, les leucocyturie, la bilirubinurie et les nitrites ont été détectés à l'aide de tigettes supports de plusieurs bandelettes Urivet-100® de KITVIA. Les résultats sont systématiquement reportés sur la fiche d'enregistrement.

ii. L'analyse de sang

Les analytes sanguins sont mesurés ou calculés par VetStat® Analyseur d'électrolytes et des gaz du sang de IDEXX⁵. Cet instrument possède des microprocesseurs mesurant la fluorescence optique à partir d'électrodes optiques. Une cassette jetable à usage unique contient tous les éléments nécessaires pour l'étalonnage, la mesure de l'échantillon et le confinement des déchets. Les informations d'étalonnage spécifiques de la cassette sont lues dans l'analyseur en balayant l'emballage de la cassette à travers le lecteur de code-barres. La cassette est ensuite placée dans la chambre de mesure.

Les analytes mesurés sont :

- le pH (concentration des ions hydrogènes)
- la pression partielle en CO₂ (pCO_2) qui permet d'évaluer la capacité de l'organisme à éliminer le dioxyde de carbone.
- la pression partielle en oxygène (PO_2) qui permet d'évaluer la capacité des poumons à absorber l'oxygène.
- l'hémoglobine *t*Hb permet d'évaluer la capacité de l'organisme à transporter l'oxygène
- le sodium (natrémie) : principal cation extracellulaire, qui a pour rôle majeur de maintenir la pression osmotique, de déterminer les échanges d'eau, l'équilibre acido-basique, et de transmettre les influx nerveux,
- le potassium (kaliémie) : principal cation intracellulaire, très important dans la transmission de la conduction nerveuse, la fonction musculaire et dans le maintien de l'équilibre acido-basique et de la pression osmotique,

³ MERCK KGaA, Darmstadt, Germany

⁴ HANNA Instruments France 1 rue du Tanin BP 133 F-67833 Tanneries Cedex

⁵ IDEXX Laboratories, Inc. One IDEXX Drive Westbrook, Maine 04092, États-Unis

- le chlore (chlorémie) : présent dans le milieu extracellulaire, il préserve l'intégrité de la cellule en influençant la pression osmotique et l'équilibre acido-basique.
- le glucose, première source d'énergie de l'organisme.

Les paramètres calculés sont :

- la concentration en HCO_3^- : c'est un composant d'importance majeure dans le système tampon sanguin.
- la quantité totale de CO_2 ($t\text{CO}_2$) : qui provient pour l'essentiel (95%) de $[\text{HCO}_3^-]$, mais aussi (5%) du CO_2 plasmatique dissous.
- le trou anionique (TA) : c'est une entité virtuelle fondée sur l'électro-neutralité. Le TA est la différence des cations mesurés auxquels sont soustraits les anions mesurés

$$\text{TA} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$$

Le TA est « normal » en cas d'acidose secondaire à une perte en bicarbonates (diarrhée sécrétoire), et augmente en cas d'acidose métabolique par rétention d'ions H^+ , en raison d'une augmentation des anions non dosés (liés aux ions H^+). L'augmentation du TA suggère une acidose métabolique liée à l'accumulation d'anions non dosés, comme les acides organiques (par exemple D- et L-lactate, pyruvate) ou l'albumine.

- l'excès de bases (EB) (ou *base excess* – BE -) : est défini comme la quantité totale d'acide ou de base nécessaire pour obtenir un pH à 7,40 d'un échantillon de sang total pour une PaCO_2 constante de 40 mm Hg et pour une température de 37 °C. Le résultat est exprimé en mmol/L. L'EB est une notion *in vitro* de titration, et n'est pas une variable physiologique contrôlée par l'organisme. L'EB permet de quantifier l'acidose ou l'alcalose métabolique sans préjuger de ses mécanismes déterminants. En « conditions physiologiques », l'EB est nul. Lors d'acidose, la valeur de l'EB est négative, L'EB permet alors d'apprécier directement le déficit en bases et de déterminer les apports en substances tampons. Lors d'alcalose, l'EB est positif.

4. Traitement des données

i. Obtention de la population finale

Toutes les données brutes récoltées sur les fiches d'enregistrement ont été reportées dans un tableur Excel, uniformisées, et codifiées dans un souci de cohérence et d'utilisation pour les analyses statistiques.

Une fois homogénéisées, les données ont été triées, afin de définir la population finale de l'étude.

Certains individus ont été exclus de l'étude car des informations étaient manquantes, notamment en référence à l'examen clinique : l'âge, la température rectale, le score postural, l'état de vigilance, la mesure d'énophtalmie, la déshydratation, la consistance des fèces.

Par ailleurs, les données récoltées lors d'une deuxième hospitalisation d'un veau pour rechute n'ont pas été prises en compte. En tout, 81 veaux ont été écartés de l'étude, soit 29,5% (81/274) des veaux initialement inclus. La population finale est donc composée de 193 animaux.

Cette population de 193 veaux a été répartie en sous-groupes, définis *a posteriori* sur des critères de quelques syndromes cliniques.

ii. Définition de groupes en fonction du syndrome épidémio-clinique

Le premier groupe qualifié de « veau en anoxie et/ou septicémie » inclut des veaux âgés de 0 à 4 jours, non déshydratés, avec à l'examen clinique une température rectale normale ou non (hyperthermie / hypothermie), une vigilance altérée, un décubitus permanent ou non, des réflexes ralentis, des muqueuses congestionnées, et des fèces liquides ou non. Des affections associées sont possibles comme une omphalite, une arthrite, une uvéite, les 2 dernières traduisant une bactériémie.

Ce groupe est constitué de 10 veaux.

Le deuxième groupe est constitué de « veaux jusqu'à 5 jours d'âge atteints de diarrhée » et inclut des veaux déshydratés, avec fèces liquides à aqueuses. L'état de vigilance peut être altéré, les réflexes ralentis, et la température rectale varier hors des valeurs usuelles.

Ce groupe est constitué de 35 veaux.

Le troisième groupe correspond à des « veaux de plus de 5 jours atteints de diarrhée par maldigestion-malabsorption », et inclut des veaux déshydratés, avec fèces crémeuses à très liquides. L'état de vigilance et la posture sont souvent modifiés, ainsi que le réflexe palpébral et de succion.

Ce groupe est constitué de 96 veaux.

Le quatrième groupe correspond au « syndrome gastro-entérite paralysante (GEP) », et inclut des veaux âgés de 7 à 21 jours, non déshydratés cliniquement, sans diarrhée (fèces pâteuses), et dont la température rectale n'est pas modifiée. Le réflexe palpébral et de succion sont ralentis à absents, l'état de vigilance est altéré. La posture et la locomotion sont modifiées, la station debout chancelante, ou les veaux sont en décubitus, sternal à latéral.

Ce groupe est constitué de 26 veaux.

Un cinquième groupe, nommé « autre » correspond aux veaux inclassables sur les critères précédents. On y retrouve des animaux atteints de pneumonie, de péritonite, d'omphalite ou d'accident.

Ce groupe est constitué de 26 veaux.

Les différents critères sont rassemblés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Critères de définition des syndromes.

Affection/ Syndrome	Age -Anamnèse	Symptômes majeurs	Examens complémentaires
Anoxie	< 48 h Vêlage difficile Pas de tétée	Coma +/- Hypothermie Rétention du méconium	Hypoglycémie pCO ₂ ↑ Acidose respiratoire
Septicémie	< 48 h Tétée +/-	Coma +/- (choc septique) Congestion, pétéchies Hyper ou hypothermie Diarrhée +/- Articulations enflées Nombril infecté	Normo- ou hypo- glycémie pCO ₂ élevée Acidose respiratoire
Diarrhée veaux de moins de 5 jours	< 5 j	Diarrhée aqueuse Déshydraté +++	Acidose +/- marquée Hyper- ou hypo-kaliémie
Diarrhée du veau de plus de 5 jours, par MAMD	> 5 j	Parésie Diarrhée pâteuse à liquide Déshydraté +/- à +++	Acidose métabolique TA augmenté +/-
GEP sens strict	8 - 15 j	Parésie (« trimbale ») Non déshydraté Fèces pâteuses Distension abdominale Réflexe palpébral diminué ou absent	Acidose métabolique TA augmenté Peu de modifications électrolytiques
Autre (malformation cardiaque, péritonite, coliques..)	Tout âge		Diagnostic nécropsique

La répartition des veaux dans l'un ou l'autre des groupes est difficile et parfois arbitraire.

iii. Les analyses statistiques

Les statistiques descriptives du jeu de données ont été réalisées avec le logiciel Excel®. Le module complémentaire Analyse-it pour Excel® a permis de construire des boîtes à moustache plus facilement. Les analyses statistiques plus poussées ont été conduites avec le logiciel R (version 3.4.1).

A partir de la population globale des 193 veaux, les valeurs obtenues par les différentes méthodes de mesure du pH urinaire ont été comparées, afin de retenir la méthode de mesure la plus fiable. Les relations entre les différents marqueurs acido-basiques du sang (pH sanguin, concentration en HCO_3^- , EB) et le pH urinaire, ont été étudiées grâce à des régressions linéaires.

L'impact de chaque signe clinique (température rectale, pourcentage de déshydratation, posture, état de vigilance, réflexe de succion et réflexe palpébral) sur les différents marqueurs acido-basiques sanguins préalablement cités et le pH urinaire a été testé. Dans le cas de l'étude de la relation entre deux variables continues, la méthode employée est la régression linéaire qui fournit un coefficient de détermination R^2 traduisant la qualité de la régression. Le coefficient de la pente de la droite de régression est également soumis au test de significativité (hypothèse nulle : coefficient de la pente = 0). Pour étudier l'impact d'un signe clinique qualitatif sur les différents marqueurs acido-basiques du sang et le pH urinaire, le test non paramétrique de Mann et Whitney (respectivement Kruskal et Wallis) est appliqué si le facteur a deux classes (respectivement deux classes ou plus). Ces tests de comparaison de rang moyen d'un caractère mesurable sont les équivalents non paramétriques du test de Student et de l'ANOVA, ils permettent de s'affranchir de l'hypothèse de normalité des données.

Au sein de chacun des groupes syndromiques (« anoxie / septicémie », « diarrhée / moins de 5 jours », « diarrhée par maldigestion / malabsorption / plus de 5 jours », « GEP », « autres veaux »), a été examinée la corrélation entre le pH urinaire et les marqueurs acido-basiques sanguins.

III. RESULTATS

1. Caractéristiques de la population des 193 veaux

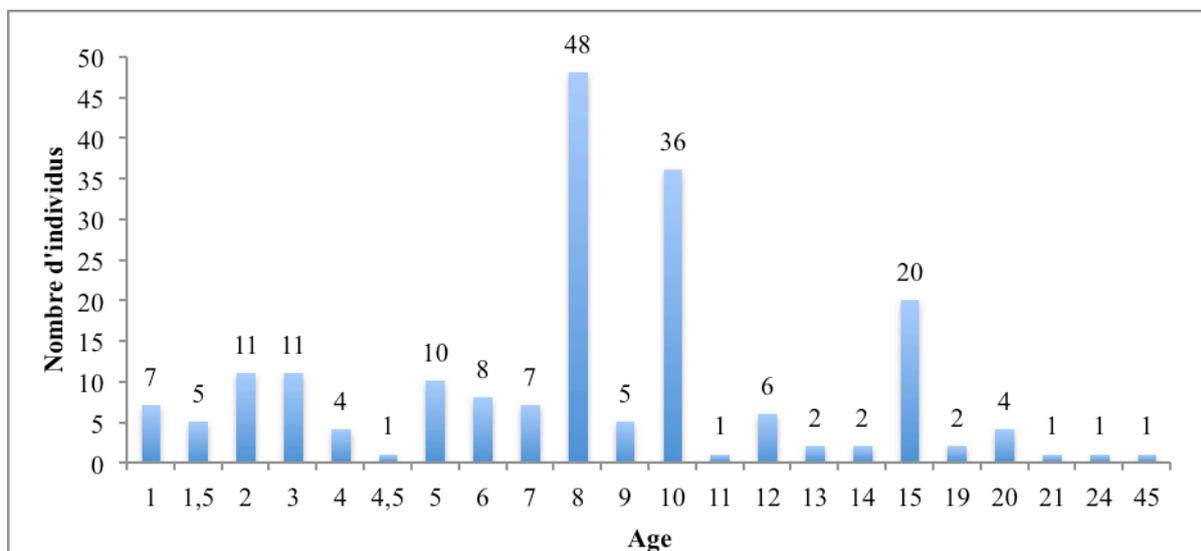
i. Race

Tous les veaux sont de race charolaise, pour des raisons liées au bassin de production et au recrutement.

ii. Age

Les veaux sont âgés de 1 à 45 jours.

Leur répartition en fonction de l'âge, en nombre et en pourcentage, est décrite dans la figure 1. On constate que 95% des veaux sont âgés de 15 jours ou moins, 33% de moins de 8 jours et 62% entre 8 et 15 jours. L'âge médian est de 8 jours. L'âge moyen est de 8,65 jours (tableau 2).



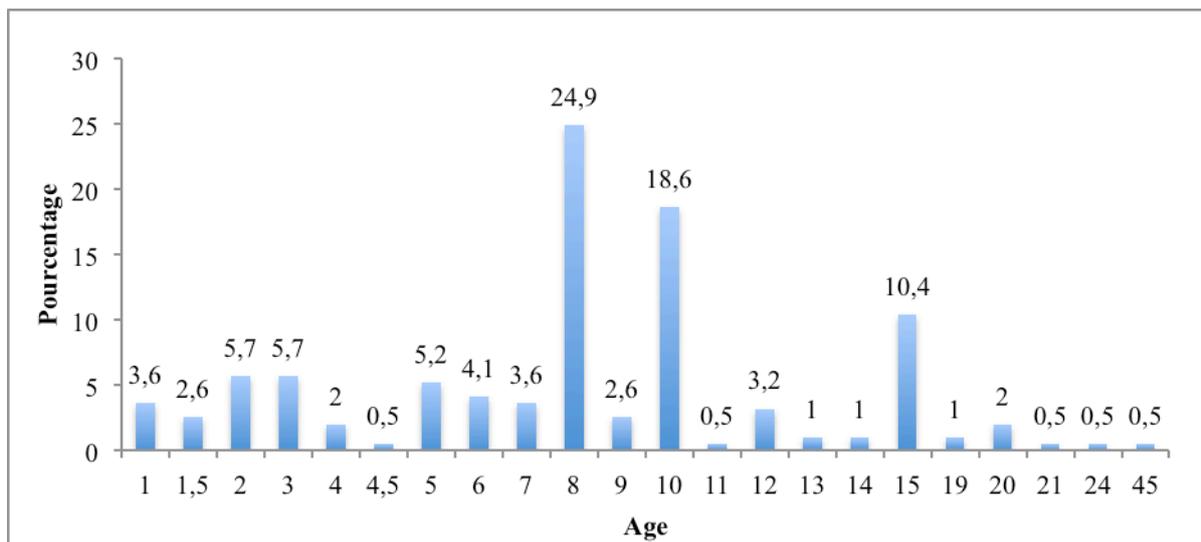


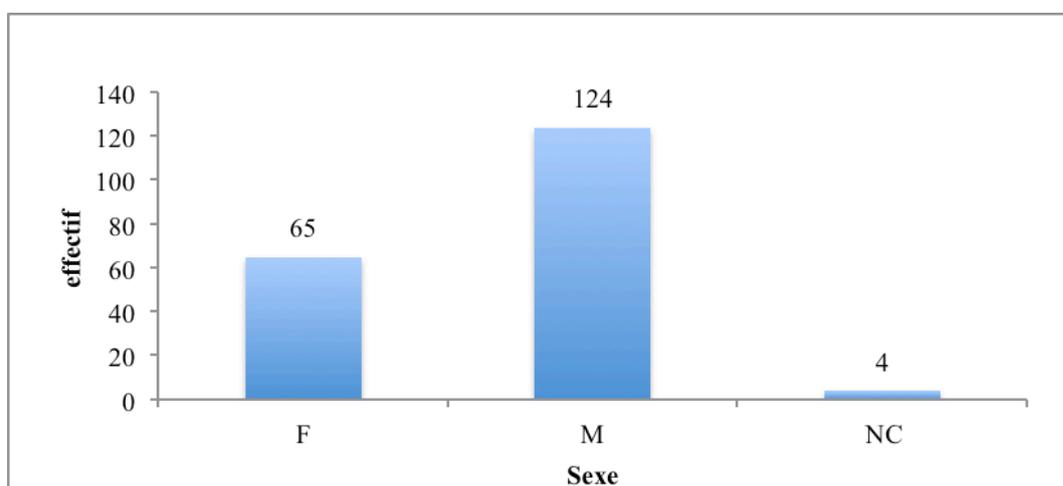
Figure 1 : Age (en jours) des 193 veaux (nombre et pourcentage).

Tableau 2 : Caractéristiques de la variable âge pour 193 veaux.

Minimum	Q1	Médiane	Q3	Maximum	Ecart-type	Moyenne
1,00	5,00	8,00	10,00	45,00	5,26	8,65

iii. Sexe

La répartition des 193 individus, en nombre et en pourcentage, selon leur sexe est illustrée dans la figure 2. L'absence de précision du sexe n'a pas été un critère d'exclusion. Pour 4 veaux le sexe n'a pas été rapporté. Dans notre étude, 64,4% (124/193) des veaux sont des mâles, et 33,6% (65/193) des femelles.



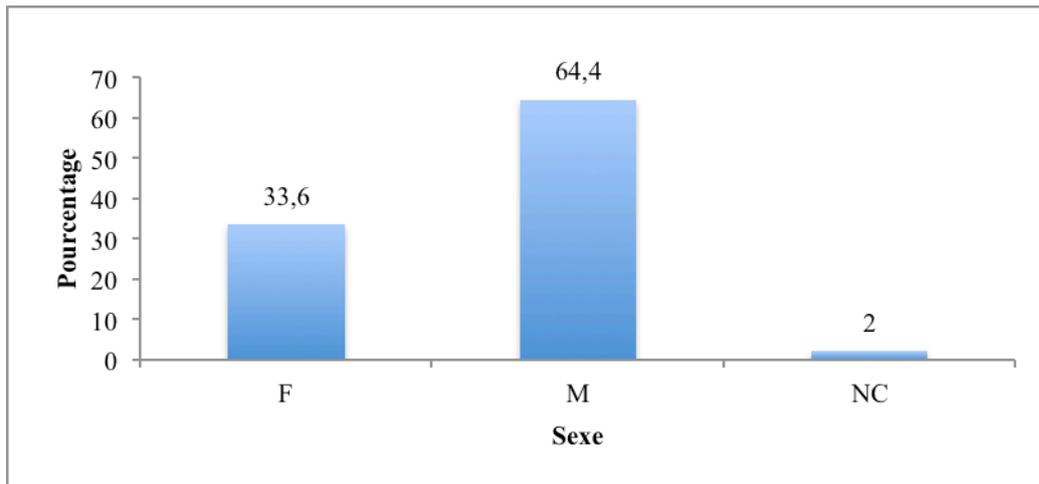


Figure 2 : Sexe des 193 veaux (nombre et pourcentage).

2. Statistiques descriptives des résultats cliniques et biochimiques des 193 veaux

i. Symptômes

a) *Température rectale*

La température rectale physiologique moyenne d'un veau est 38,8°C (Vermorel *et al.* 1989). Une température rectale en dehors de l'intervalle 38,0°C - 39,5°C, peut être considérée comme anormale.

Dans notre échantillon, pour 62,5% (121/193) des veaux la température était comprise entre 38,0°C et 39,5°C ; 10,5% (20/193) des veaux sont en hyperthermie (> ou égale à 39,5°C), et 27% (52/193) en hypothermie (< 38°C), avec une valeur minimale de 34,5°C. La majorité des individus est donc normotherme (figure 3 et tableau 3).

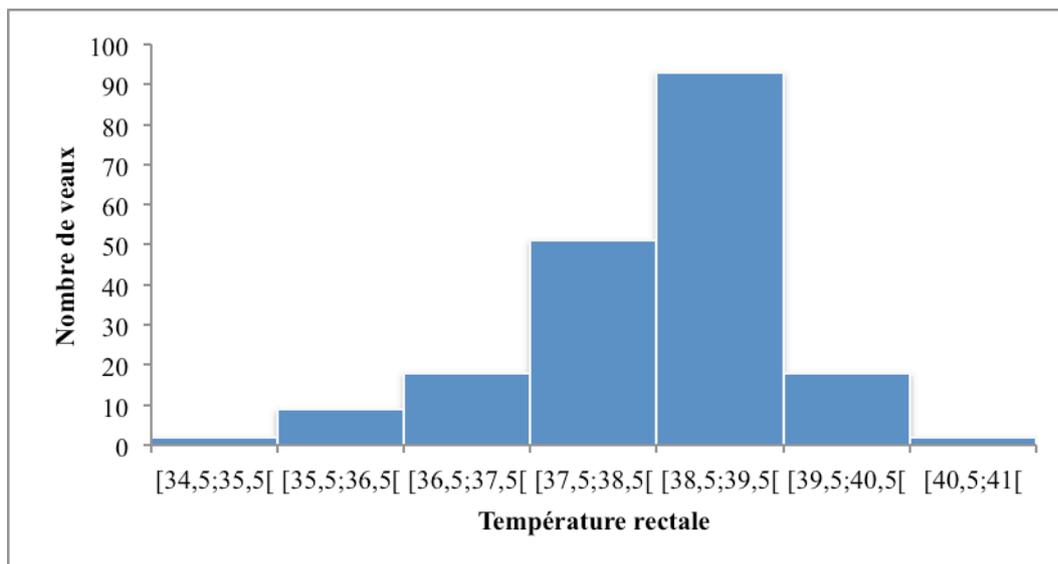


Figure 3 : Répartition des 193 veaux selon leur température rectale.

Tableau 3 : Caractéristiques de distribution de la température rectale au sein de la population des 193 veaux

Min	Q1	Médiane	Q3	Max	Ecart-type	Moyenne
34,5	37,9	38,6	39,1	40,7	1,02	38,4

Comme il y a peu d'observations en hyperthermie, deux classes de température sont créées pour les analyses statistiques : $< 38^{\circ}\text{C}$ et $> 38^{\circ}\text{C}$.

b) Le pourcentage de déshydratation

L'intensité de la déshydratation est exprimée par rapport à la perte de poids vif, et en pourcentage de celui-ci. Le classement des veaux selon l'intensité de la déshydratation est un critère synthétique mis en œuvre par l'investigateur.

Dans notre échantillon, 60% (114/193) des veaux n'ont pas été considérés par l'investigateur comme cliniquement déshydratés (% de déshydratation inférieur ou égale à 5). L'intensité de la déshydratation a été estimée comme légère (entre 6 et 8 %) pour 12,9% (25/193) des veaux, comme modérée (entre 8 et 10 %) pour 14,5% (28/193) des veaux, comme sévère (entre 10 et 12 %) pour 11,3% (22/193) des veaux, et comme très sévère (supérieure à 12 %) pour 2% (4/193) des veaux (figure 4).

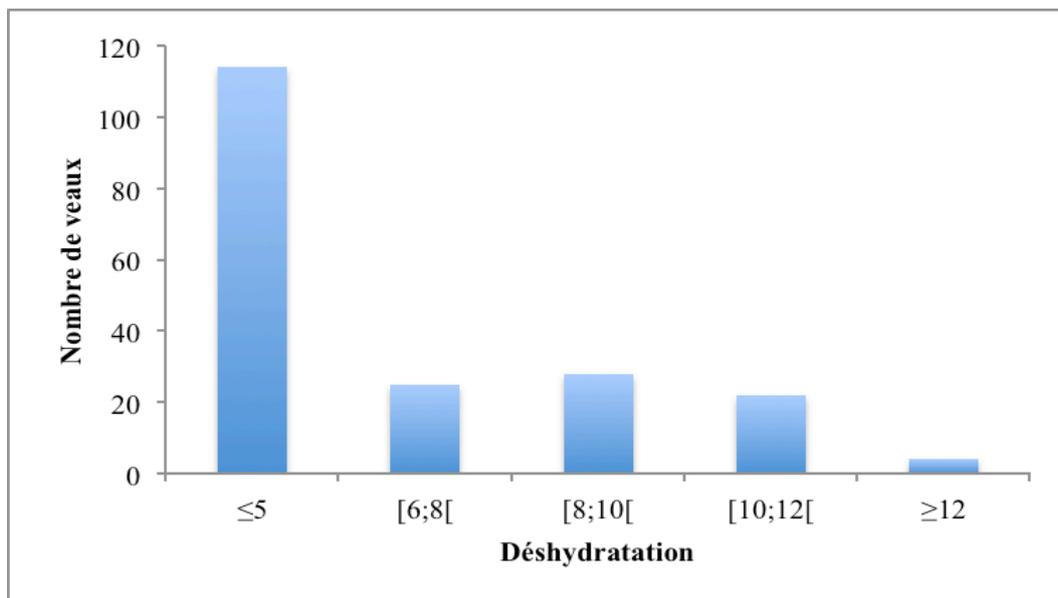


Figure 4 : Classes de déshydratation des 193 veaux.

De même que pour la température, des classes de déshydratation ont été créées pour les analyses statistiques : <3%, de 3 à 7% et >7%.

c) Enophtalmie

L'enfoncement du globe oculaire (énophtalmie) correspond à la distance entre le bord orbital et le globe oculaire, et traduit l'état de déshydratation ou de cachexie du veau. Dans notre étude, la distance exprimée en millimètres a été estimée : les investigateurs n'ont pas utilisé d'outil de mesure.

L'énophtalmie est absente ou minime (< 2mm) pour 56% (108/193) des veaux, légère (2 à 4 mm) pour 23,8% (46/193), modérée (4 à 6 mm) pour 12% (23/193), sévère (6 à 8 mm) pour 4,1% (8/193), et très sévère (> 8 mm) pour 4,1% (8/193) (figure 5).

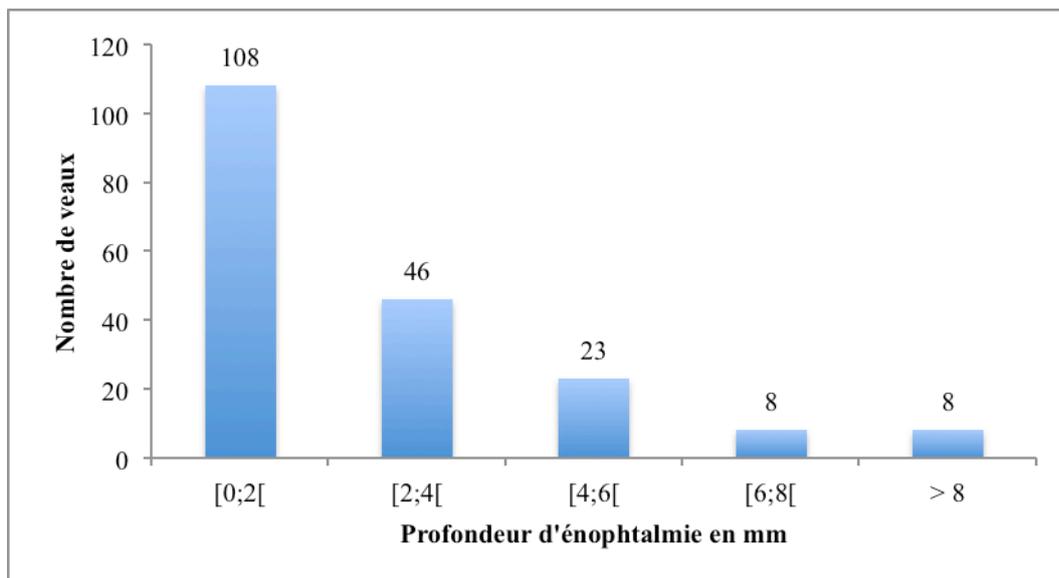


Figure 5 : Enophtalmie (enfoncement du globe oculaire en mm) des 193 veaux.

d) Persistance du pli de peau

La persistance du pli de peau, exprimée en secondes, est le deuxième indicateur clinique de déshydratation. Le pli de peau a été réalisé par l'investigateur au niveau de l'épaule.

Un pli de peau persistant a été observé pour 93% (179/193) des veaux de l'étude (figure 6).

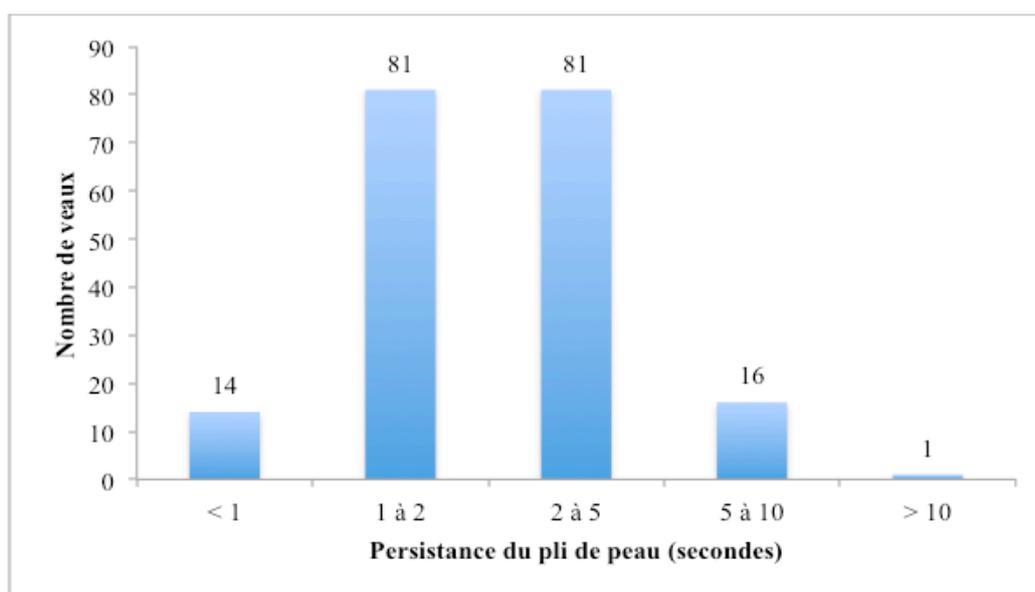


Figure 6 : Persistance du pli de peau (en secondes) de 193 veaux.

Les résultats des trois critères décrits précédemment sont synthétisés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Déshydratation, énophtalmie et persistance du pli de peau des 193 veaux

		Classes de déshydratation (Smith et al 2009)				
		Minime ou absente	Légère	Marquée	Sévère	Très sévère
Déshydratation (estimation synthétique)	% du poids vif	< 5	6 à 8	8 à 10	10 à 12	>12
	Nombre de veaux	114	25	28	22	4
	Pourcentage	59	12,9	14,5	11,3	2
Enophtalmie (estimation)	En mm	0 à 2	2 à 4	4 à 6	6 à 8	> 8
	Nombre de veaux	108	46	23	8	8
	Pourcentage	56	23,8	12	4,1	4,1
Persistance du pli de peau	En secondes	< 1	1 à 2	2 à 5	5 à 10	> 10
	Nombre de veaux	14	81	81	16	1
	Pourcentage	7,2	42	42	8,2	0,6

e) Posture et état de vigilance

La posture est définie par la capacité du veau à se tenir debout et à corriger sa position, ou à être en décubitus.

Elle est codée comme suit :

- 1 : le veau se tient debout seul, se relève après stimulation, et corrige sa position s'il est poussé
- 2 : le veau se tient debout seul, se relève après stimulation ou aide, mais ne corrige pas la position s'il est poussé

- 3 : le veau tient debout après aide, ne corrige pas la position s'il est poussé, et se couche rapidement
- 4 : le veau ne peut se tenir debout sans aide permanente

L'état de vigilance est défini par la réponse aux stimuli auditifs, tactiles et visuels.

Il est codé comme suit :

- 1 : alerte : la réponse aux différents stimuli est immédiate
- 2 : dépression légère : la réponse est légèrement différée par rapport aux différents stimuli
- 3 : dépression marquée : la réponse est très différée par rapport aux différents stimuli
- 4 : coma : absence de réponse aux différents stimuli

Les résultats de posture et de l'état de vigilance des 193 veaux sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Posture et vigilance des 193 veaux.

Score	Posture		Vigilance	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
1	68	35%	47	24,5%
2	48	25%	92	47,5%
3	17	9%	47	24,5%
4	60	31%	7	3,5%

Pour les analyses statistiques, les notes de posture égale à 1 et 2 ont été regroupées, ainsi que les notes 3 et 4. On obtient donc deux classes : veaux debout et veaux couchés. Aussi, de par leur faible effectif, les veaux en coma (vigilance = 4) ont été regroupés avec les veaux en dépression marquée.

f) Réflexe de succion et réflexe palpébral

Le réflexe de succion (RS) est testé lors de l'examen clinique en mettant un doigt dans la bouche du veau. A l'état normal, il doit être immédiat, puissant et rapide. L'altération de ce réflexe serait directement due à l'acidémie rencontrée chez les veaux en diarrhée (Naylor *et al.* 2006). Le réflexe de succion a été classé en trois catégories : présent, lent, absent. Les résultats sont présentés dans la figure 7.

Le RS est présent pour 30,5% (59/193) des veaux, ralenti pour 34% (66/193) et absent pour 35% (68/193).

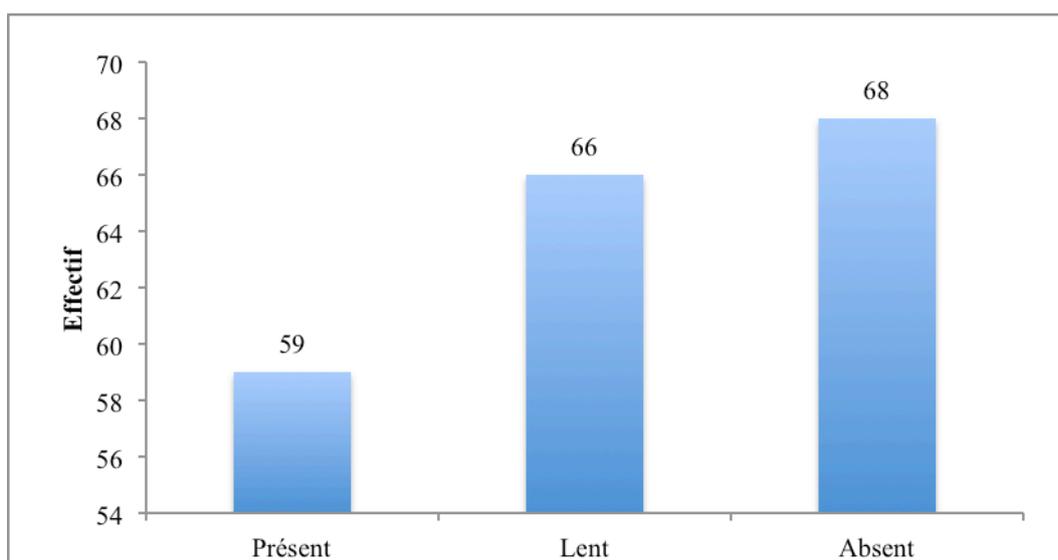


Figure 7 : Réflexe de succion des 193 veaux.

Le réflexe palpébral (RP) est un réflexe de protection de l'œil qui se traduit à l'état normal par une fermeture immédiate des paupières déclenchée par le contact des cils ou du canthus interne avec le doigt du clinicien. Le RP diminue ou disparaît, comme d'autres marqueurs de l'état de vigilance, principalement lors d'acidose due à l'accumulation de D-Lactate (Lorenz *et al.* 2005) et semble un bon marqueur d'une hyper-D-lactatémie (Trefz *et al.* 2012).

Le RP a été classé en trois catégories : présent, lent, absent. Il est présent pour 79% (152/193) des veaux de l'échantillon, lent pour 20% (39/193) et absent pour seulement 1% (2/193) (figure 8). Pour les analyses statistiques, les deux veaux dont le RP est absent sont inclus dans la catégorie « RP lent ».

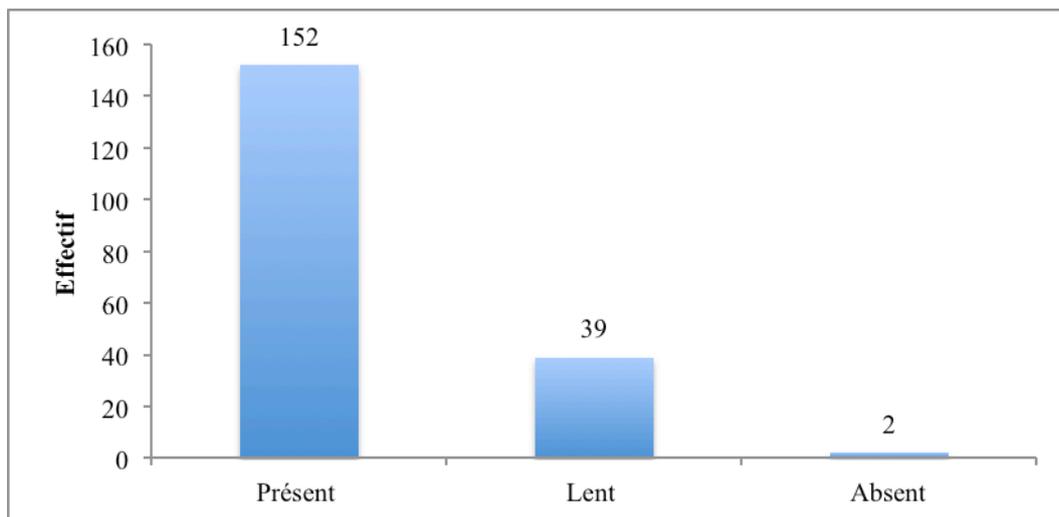


Figure 8 : Réflexe palpébral des 193 veaux.

g) Consistance des fèces

La consistance des fèces a été classée en normal, pâteux, crémeux, liquide, aqueux, mucoïde.

Des fèces liquides ou aqueuses, signe d'une diarrhée patente, ont été observées pour 50% (116/193) des veaux (figure 9). Les fèces pâteuses à crémeuses sont un des symptômes de la GEP.

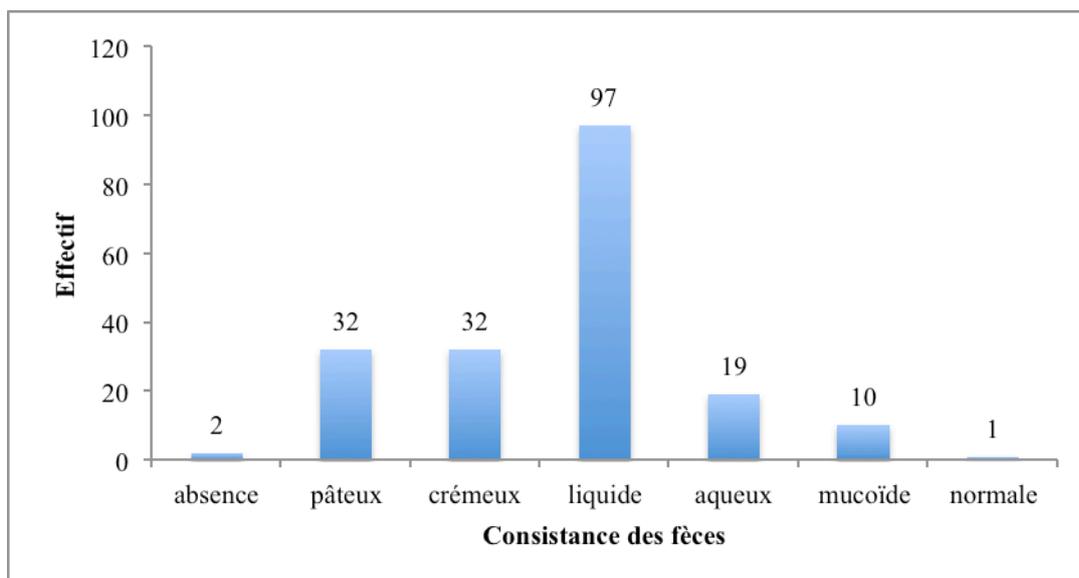


Figure 9 : Consistance des fèces des 193 veaux.

ii. Résultats de pH urinaire

Le pH urinaire a été évalué selon trois méthodes différentes : le pH-mètre HANNA®, la plage pH des bandelettes Urivet-100® de KITVIA et la bandelette McolorpHast™ de MERCK.

Les valeurs du pH urinaire sont illustrées dans la figure 10 et le tableau 6.

Les résultats de pH urinaire obtenus avec le pH-mètre et la bandelette McolorpHast™ sont similaires. Les valeurs médianes respectives sont 5,70 et 5,75. Le pH urinaire de la majorité des veaux est compris entre 5,5 et 6. Avec la bandelette Urivet-100®, les valeurs obtenues sont beaucoup plus dispersées, avec certaines valeurs aberrantes sur le plan biologique, comme un pH sanguin égal à 0 chez un individu. Or, cette valeur est en dehors de la gamme d'indicateurs colorés prévus sur la bandelette. Un problème de transcription est probable.

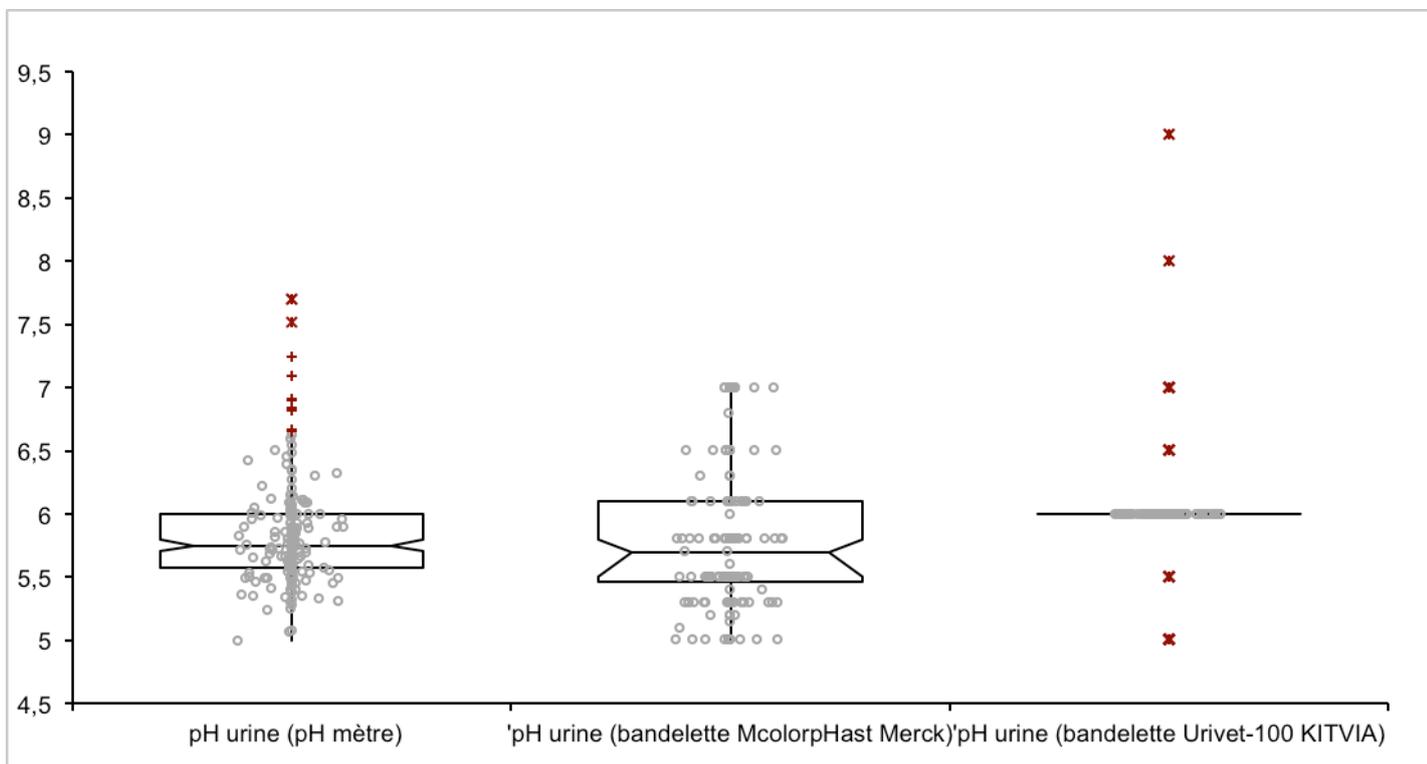


Figure 10 : Valeurs du pH urinaire (médiane, Q25, Q75, mini, maxi) obtenues avec le pH-mètre HANNA®, la bandelette McolorpHast™ de MERCK et de la bandelette Uri-vet100® de KITVIA, pour les 193 veaux.

Tableau 6 : Caractéristiques du pH urinaire obtenu avec le pH-mètre HANNA®, la bandelette McolorpHast™ de MERCK et la bandelette Uri-vet100® KITVIA, pour les 193 veaux.

	Minimum	Q1	Médiane	Q3	Maximum	Moyenne	Ecart-type
pH-mètre HANNA	4,99	5,57	5,75	6,00	7,70	5,84	0,43
Bandelette McolorpHast™ MERCK	5,00	5,50	5,70	6,10	7,00	5,74	0,50
Bandelette Urivet-100® KITVIA	0	6	6	6	9	5,99	0,68

iii. Résultats de biochimie sanguine

Les analyses biochimiques sanguines ont été réalisées avec l'appareil VetStat® Analyseur d'électrolytes et des gaz du sang de IDEXX.

a) Statistiques descriptives du pH sanguin

Les résultats de pH sanguin sont présentés dans la figure 11 et le tableau 7. Le pH sanguin physiologique est compris entre 7,35 et 7,50 chez les bovins (Radostits *et al.* 2007). Dans notre étude, la valeur médiane du pH sanguin est de 7,19. Le pH sanguin de 75% (145/193) des veaux est inférieur à 7,31 (acidémie). La majorité des veaux de l'échantillon est donc en acidémie (85,5% (165/193) ont un pH < 7,35).

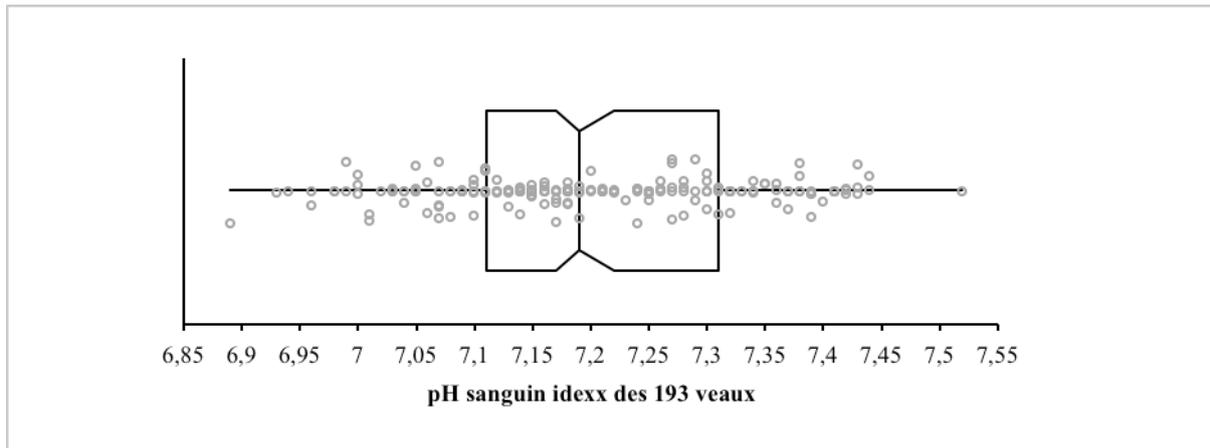


Figure 11 : Statistiques descriptives du pH sanguin des 193 veaux.

Tableau 7 : Caractéristiques descriptives du pH sanguin pour 193 veaux.

Minimum	Q1	Médiane	Q3	Maximum	Ecart-type	Moyenne
6,89	7,11	7,19	7,31	7,52	0,128	7,20

b) Statistiques descriptives de tCO₂

Les résultats de tCO₂ sont présentés dans la figure 12 et le tableau 8.

La valeur médiane de tCO₂ est 15,2. La valeur de tCO₂ de 75% (145/193) des veaux est inférieure à 22,4. La majorité des veaux, soit 72,5% (127/193) sont en acidose métabolique (valeurs usuelles : 20 à 30 mEq/L).

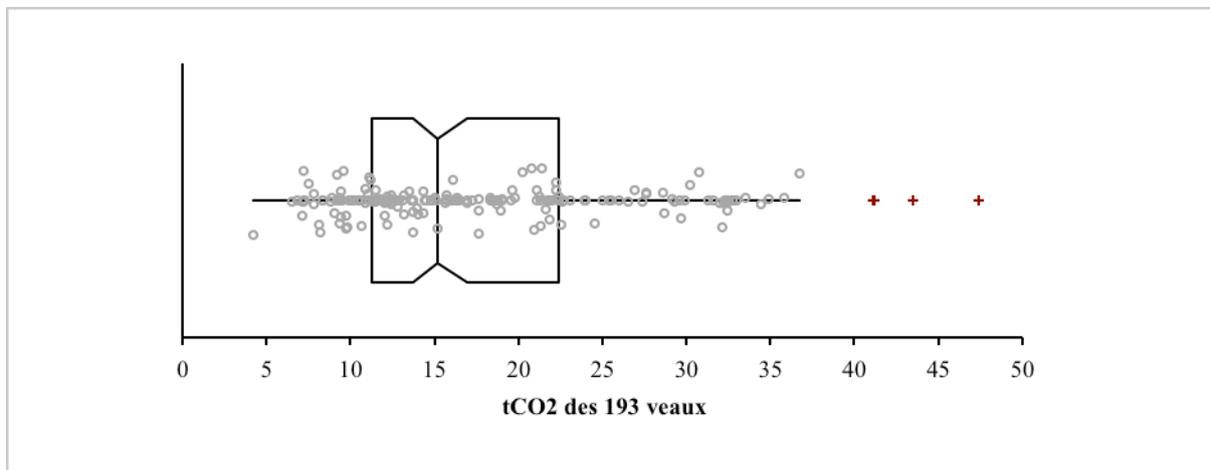


Figure 12 : Statistiques descriptives de tCO₂ pour 193 veaux.

Tableau 8 : Caractéristiques de la variable tCO₂ pour 193 veaux.

Minimum	Q1	Médiane	Q3	Maximum	Ecart-type	Moyenne
4,2	11,3	15,2	22,4	47,4	8,56	17,77

c) Statistiques descriptives de pCO₂

Les résultats de pCO₂ sont décrits dans la figure 13 et le tableau 9. La valeur médiane de pCO₂ est de 40 mm Hg. Pour 75% des veaux, la pCO₂ est comprise entre 20 et 48 mm Hg. Pour 59% (114/193) la pCO₂ est donc hors des valeurs physiologiques (34 à 45 mm Hg) (Radostits *et al.* 2007).

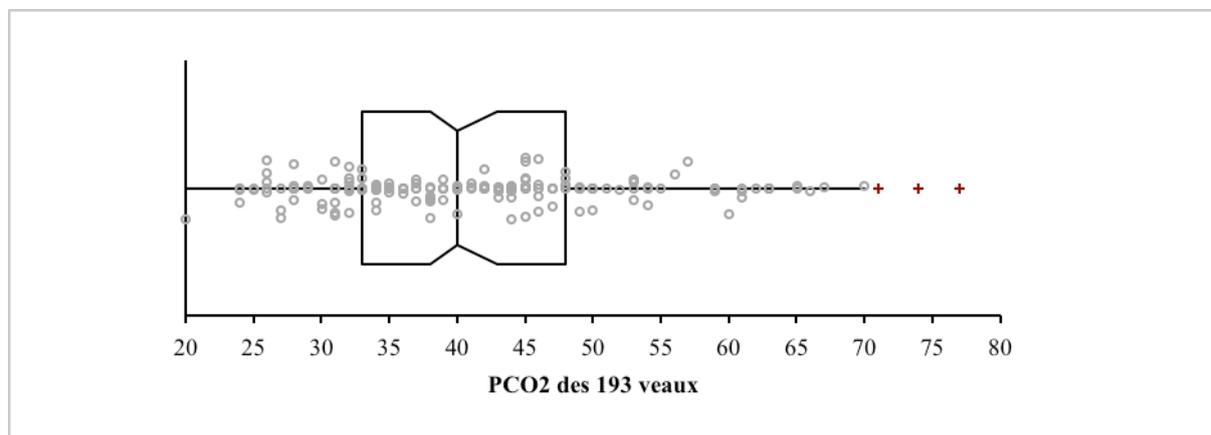


Figure 13 : Statistiques descriptives de la pCO₂ pour 193 veaux.

Tableau 9 : Caractéristiques de la pCO₂ pour 193 veaux.

Minimum	Q1	Médiane	Q3	Maximum	Ecart-type	Moyenne
20	33	40	48	77	11,61	41,67

d) Statistiques descriptives de la concentration en HCO_3^- sanguins

Les résultats de la concentration en HCO_3^- sanguins sont décrits dans la figure 14 et le tableau 10.

La valeur médiane de la concentration en HCO_3^- sanguin est de 13,8 mmol/L. Pour 75% des veaux, la concentration en HCO_3^- sanguin est comprise entre 3,6 et 20,9 mmol/L (valeurs usuelles 20-30 mmol/L, (Radostits *et al.* 2007)). Ces veaux sont en acidose métabolique.

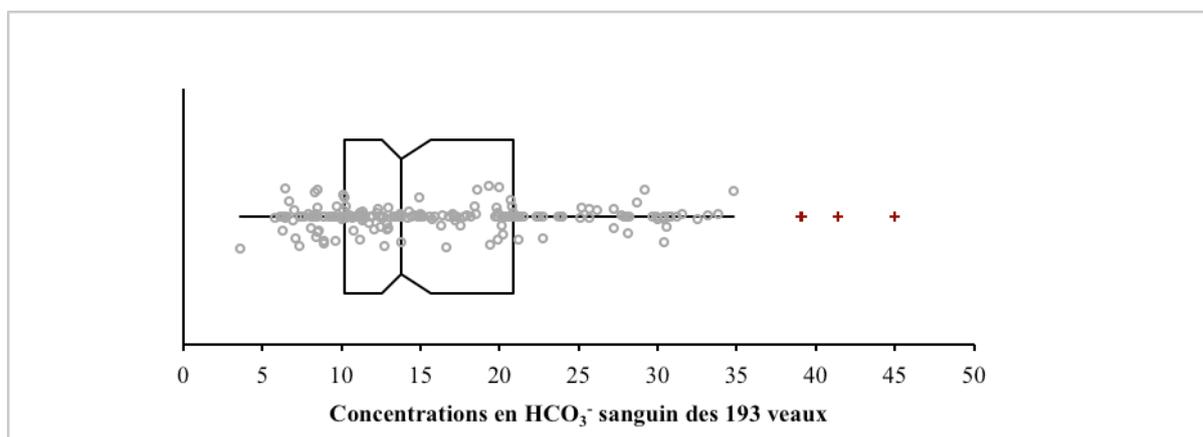


Figure 14 : Statistiques descriptives de la concentration en HCO_3^- sanguin.

Tableau 10 : Caractéristiques de la concentration en HCO_3^- sanguin pour 193 veaux.

Minimum	Q1	Médiane	Q3	Maximum	Ecart type	Moyenne
3,6	10,2	13,8	20,9	45	8,26	16,49

e) Statistiques descriptives du trou anionique

Les résultats du trou anionique (TA) sont présentés dans la figure 15 et dans le tableau 11. La valeur médiane du TA est de 18,6 mmol/L. Pour 75% (145/193) des veaux, le TA est compris entre 14,2 et 33,3 mmol/L (valeurs usuelles entre 8,9 et 15 mmol/L) (Trefz *et al.* 2015). Pour 72% (139/193) des veaux, ont un TA supérieur à 15 mmol/L, donc hors des valeurs usuelles.

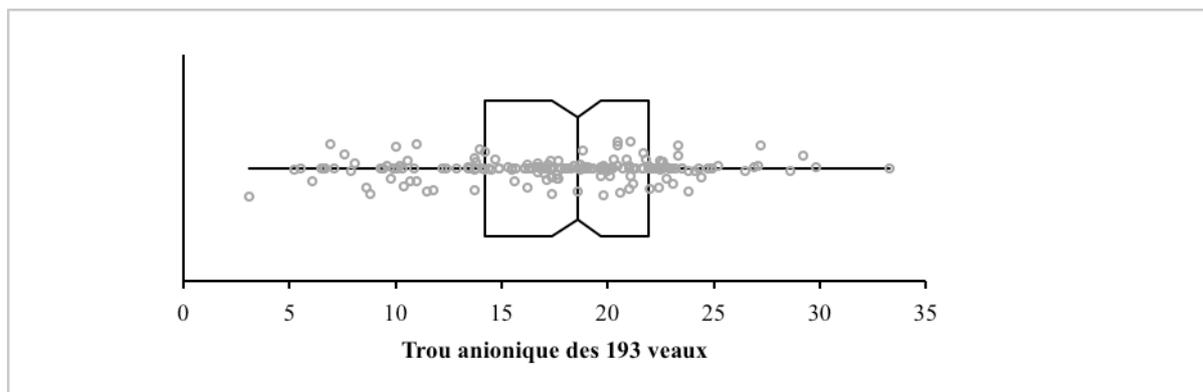


Figure 15 : Statistiques descriptives du trou anionique pour 193 veaux.

Tableau 11 : Caractéristiques du trou anionique pour 193 veaux.

Minimum	Q1	Médiane	Q3	Maximum	Ecart-type	Moyenne
3,1	14,2	18,6	21,9	33,3	5,43	17,78

f) Statistiques descriptives de l'excès de bases

Les valeurs de l'excès de bases (EB) calculées par l'analyseur n'ont été saisies que pour les veaux hospitalisés en 2015 (n=106).

Pour pallier les données manquantes, un EB a donc été reconstitué par calcul, pour tous les veaux, selon la formule :

$$EB = 0.93 \times (HCO_3^- - 24.4 + 14.83 \times (pH \text{ sanguin} - 7.4)) \quad (\text{Constable 2014})$$

La concordance entre les valeurs de l'EB calculées grâce à la formule proposée et les valeurs de l'EB données par le VetStat pour les veaux de 2015 a été étudiée. Pour 71% (75/106) des données, la différence entre l'EB calculé par la formule et l'EB donné par le VetStat est inférieure à 1 mmol/L, pour 21% (22/106), cette différence est comprise entre 1 et 2 mmol/L, et pour 10% (11/106), elle est supérieure à 2 mmol/L, avec une différence maximum de 4 mmol/L.

Les résultats de l'EB sont présentés dans la figure 16 et le tableau 12.

La valeur médiane de l'EB est de -12,7 mmol/L. Pour 75% des veaux, il est compris entre -26,3 et -4,7 mmol/L.

Pour 97% (188/193) des veaux, l'EB est hors des valeurs usuelles (-2 à + 2 mmol/L).

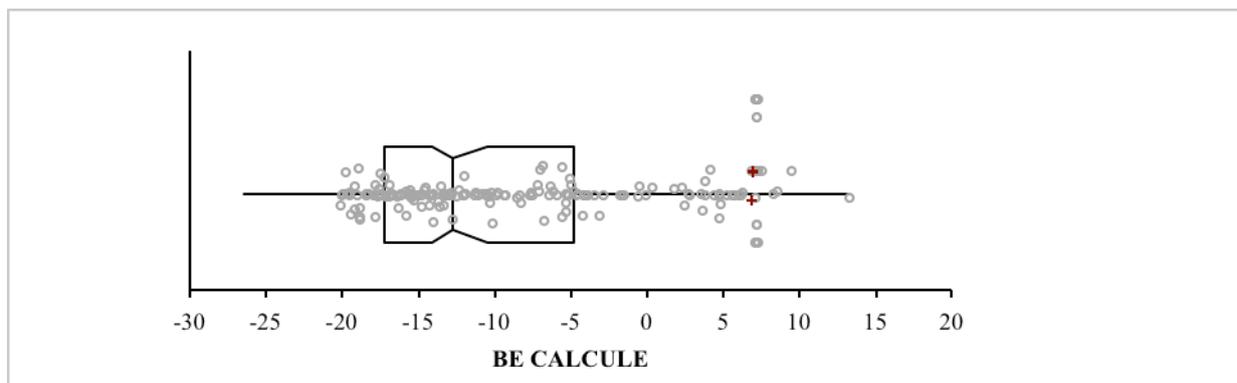


Figure 16 : Statistiques descriptives de l'excès de bases (EB) pour 193 veaux.

Tableau 12 : Caractéristiques de l'excès de bases (EB) pour 193 veaux.

Minimum	Q1	Médiane	Q3	Maximum	Ecart-type	Moyenne
-26,3	-17,1	-12,7	-4,7	19,3	9,2	-10,0

g) Statistiques descriptives des concentrations en Na, K, Cl

Les résultats des concentrations sanguines en sodium (Na), potassium (K) et chlorure (Cl) sont décrits dans la figure 17 et le tableau 13.

La valeur médiane de la natrémie est de 136 mmol/L.

Pour 22,2% (43/193) des veaux, la concentration en sodium sanguin est en dessous de 132 mmol/L (hyponatrémie) alors que 2,6% (5/193) sont en hypernatrémie (valeurs usuelles comprises entre 132 et 152 mmol/L) (Radostits *et al.* 2007).

La valeur médiane de la kaliémie est de 4,9 mmol/L.

Environ 10% (19/193) des veaux ont une kaliémie en dessous de 3,9 mmol/L (hypokaliémie) en alors que 19% (37/193) en hyperkaliémie (valeurs usuelles entre 3,9 et 5,8 mmol/L) (Radostits *et al.* 2007).

La valeur médiane de la chlorémie est de 106 mmol/L.

Pour 0,5% (1/193) des veaux, la concentration en chlorure sanguin est en dessous de 95 mmol/L (hypochlorémie), alors que 16,5% (32/191) sont en hyperchlorémie. (valeurs usuelles comprises entre 95-110 mmol/L, (Radostits *et al.* 2007)).

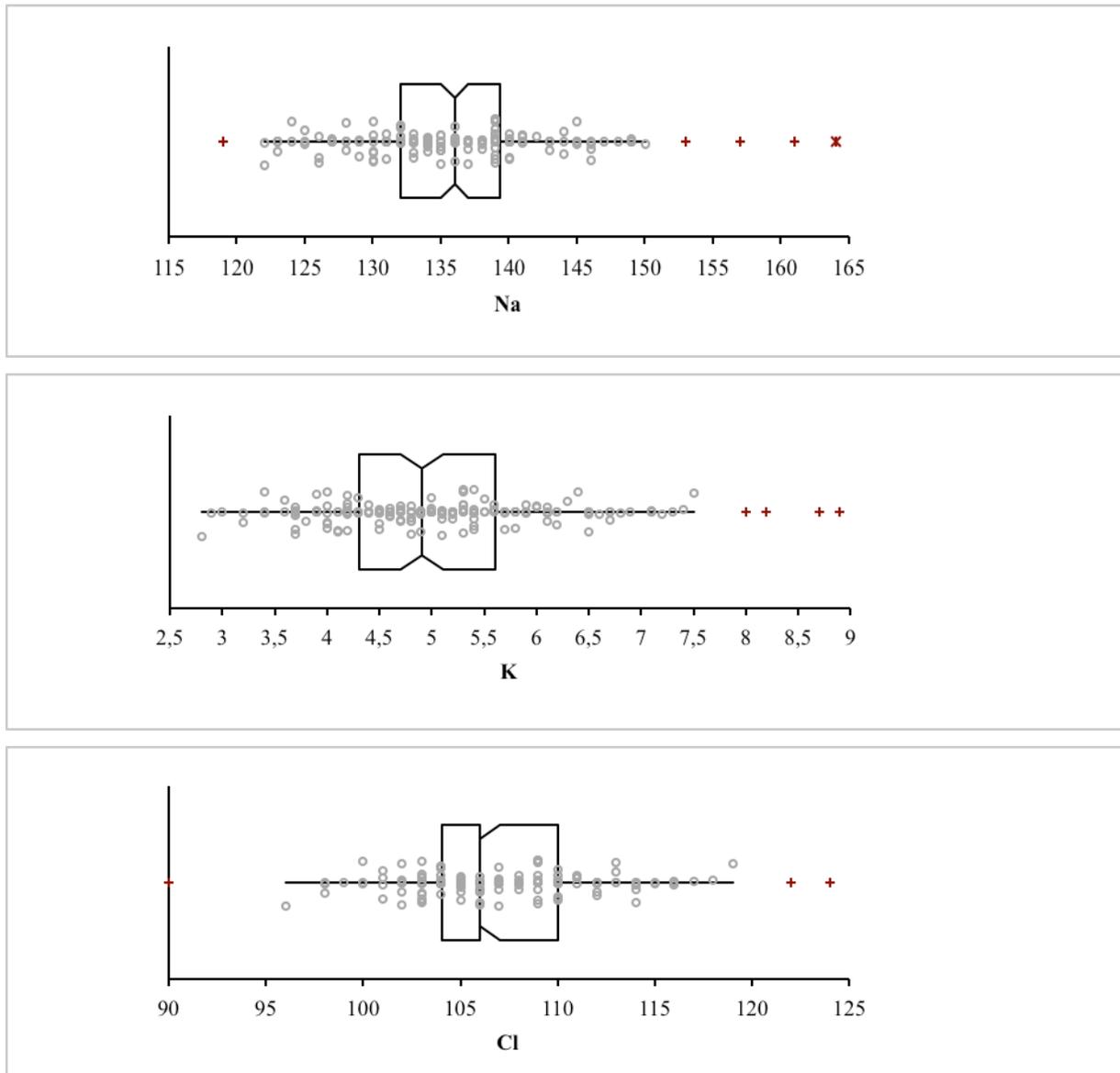


Figure 17 : Statistiques descriptives des concentrations sanguines (mmol/L) en Na, K et Cl pour 193 veaux.

Tableau 13 : Caractéristiques des concentrations sanguines (mmol/L) en Na, K et Cl pour 193 veaux.

	Minimum	Q1	Médiane	Q3	Maximum	Ecart-type	Moyenne
Na	119	132	136	139	164	7,09	136
K	2,8	4,3	4,9	5,6	8,9	1,06	5,03
Cl	90	104	106	110	124	4,67	106,9

iv. Réhydratation préalable par l'éleveur

Les données d'une éventuelle réhydratation réalisée par l'éleveur et par voie orale n'ont été enregistrées qu'en 2015, soit pour 106 veaux ; l'information n'a pas été saisie pour l'année 2014. En 2015, 78% (83/106) des veaux n'ont pas été réhydratés par voie orale préalablement à leur hospitalisation.

3. Comparaison entre les différentes méthodes de mesure du pH urinaire

Trois méthodes différentes ont été utilisées pour évaluer le pH urinaire des veaux. L'utilisation du pH-mètre est considérée comme la technique de référence. Une éventuelle dérive au cours du temps des mesures réalisées avec le pH-mètre a été étudiée.

i. Relation entre les valeurs du pH urinaire obtenues avec le pH-mètre, la bandelette McolorpHast™ de MERCK, et la bandelette Urivet-100® de KITVIA

La relation entre le pH urinaire des 193 veaux évalué avec le pH-mètre et la bandelette McolorpHast™ de MERCK est présentée dans la figure 18.

Le coefficient de détermination de la régression linéaire est de 0,78.

La bandelette McolorpHast™ peut être ainsi considérée comme une méthode de mesure relativement satisfaisante du pH urinaire, par comparaison au pH-mètre.

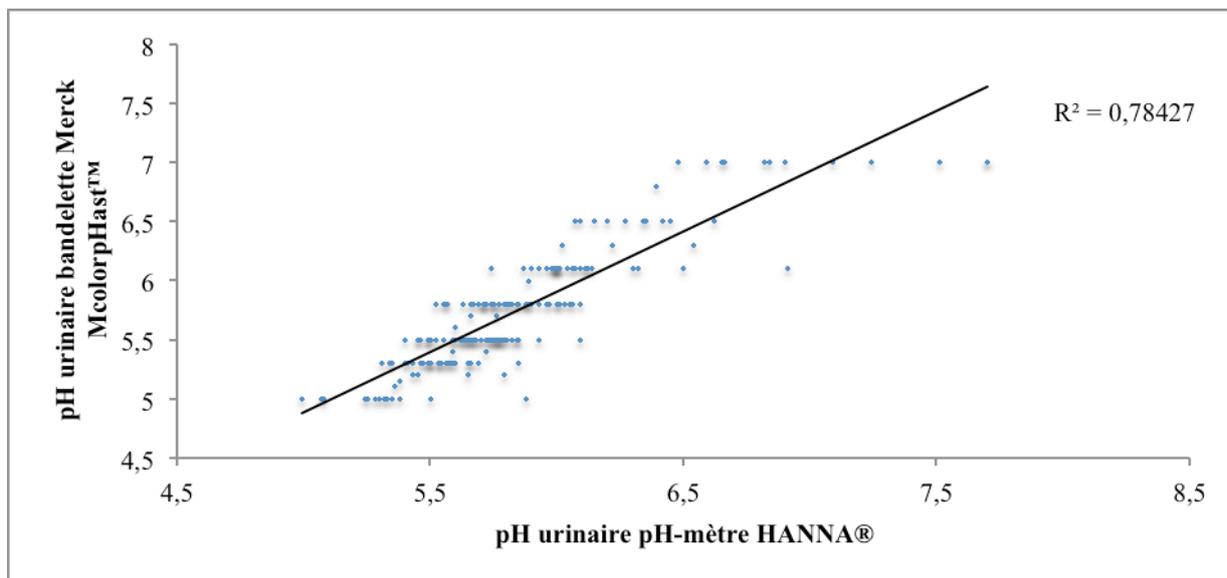


Figure 18 : Relation entre le pH urinaire de 193 veaux, évalué avec le pH-mètre et la bandelette McolorpHast®.

La relation entre le pH urinaire évalué avec le pH-mètre et la bandelette Urivet-100® est présentée dans la figure 19.

Le coefficient de détermination de la régression linéaire est de 0,33.

La bandelette Uri-vet100® ne peut donc être considérée comme une méthode de mesure satisfaisante du pH urinaire, par comparaison au pH-mètre.

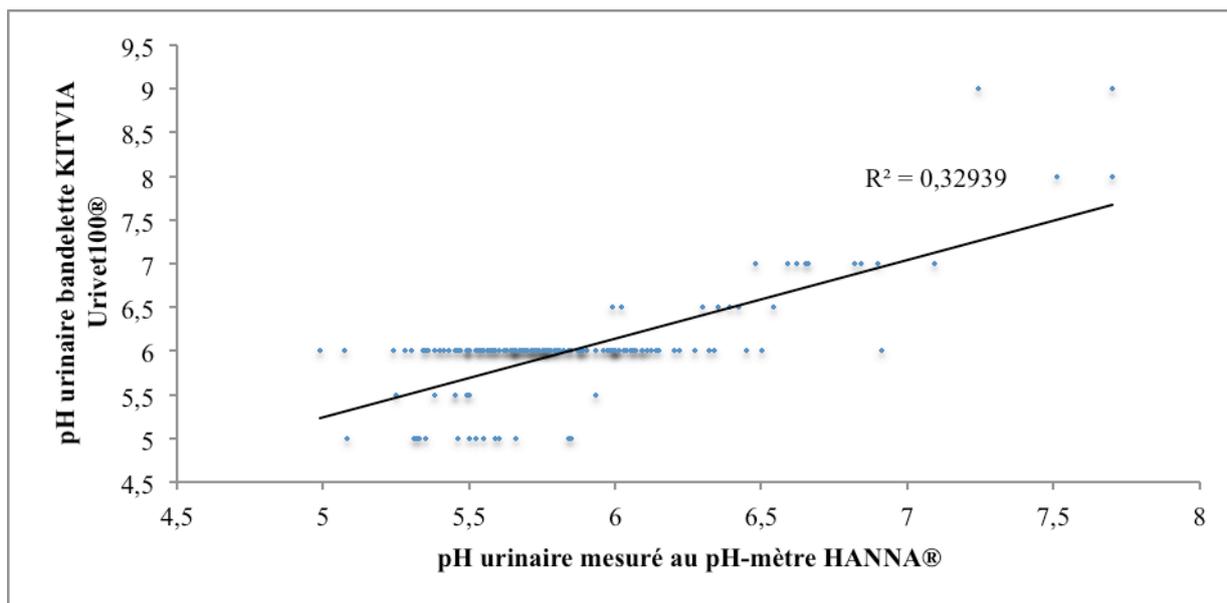


Figure 19 : Relation entre le pH urinaire de 193 veaux, évalué avec le pH-mètre et la bandelette Urivet-100®.

Le coefficient de détermination de la régression linéaire établie entre le pH urinaire évalué avec la bandelette McolorpHast™ et la bandelette Urivet-100® est de 0.24 (figure 20).

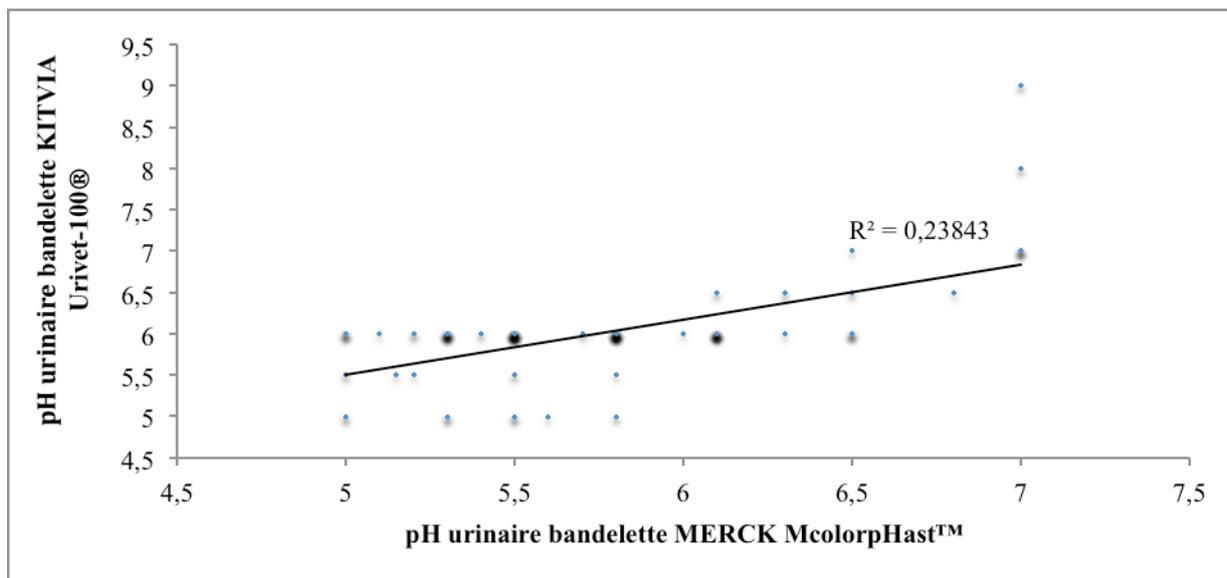


Figure 20 : Relation entre le pH urinaire de 193 veaux, évalué avec la bandelette McolorpHast™ et la bandelette Urivet-100®.

ii. Évaluation de la dérive du pH urinaire mesuré au pH-mètre

Afin d'évaluer une éventuelle dérive des mesures de pH urinaire obtenues avec le pH-mètre, les distributions des valeurs du pH urinaire obtenues et leur moyenne ont été positionnées en fonction de la date de prélèvement sur les deux saisons consécutives (figure 21). Le test non paramétrique de Mann et Whitney indique qu'il n'y a pas de différence significative de pH urinaire médian entre 2014 et 2015 ; aucune dérive temporelle de la mesure du pH avec le pH-mètre ne peut être mise en évidence. La répétabilité des mesures dans le temps s'avère probablement satisfaisante.

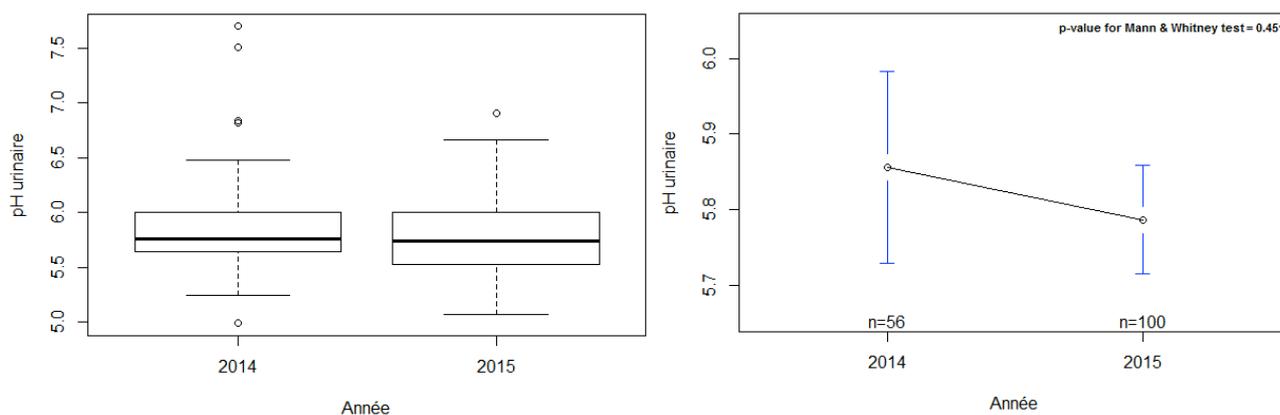


Figure 21 : Évaluation de la dérive des mesures du pH urinaire obtenues avec le pH-mètre.

4. Relation entre le pH urinaire (pH-mètre) et les paramètres acido-basiques sanguins de 193 veaux

La relation entre le pH urinaire et les différents paramètres acido-basiques sanguins est étudiée sur la population totale par des régressions linéaires. Les valeurs de pH urinaire retenues ont été déterminées avec le pH-mètre. Les valeurs de pH sanguin, de concentration en HCO_3^- , et du trou anionique ont été obtenues à partir des mesures ou calculs issus du VetStat®, analyseur des gaz du sang de IDEXX. Les valeurs de l'excès de bases (EB) ont été obtenues pour tous les animaux (n=193) en appliquant la formule suivante :

$$\text{EB} = 0,93 \times (\text{HCO}_3^- - 24,4) + 14,8 \times (\text{pH sanguin} - 7,4)$$

Les coefficients de détermination sont compris entre 0,12 et 0,19 (figure 22). La valeur du pH urinaire ne peut être considérée comme une évaluation satisfaisante des principaux paramètres acido-basiques sanguins (EB , pH , HCO_3^-) dans la population étudiée.

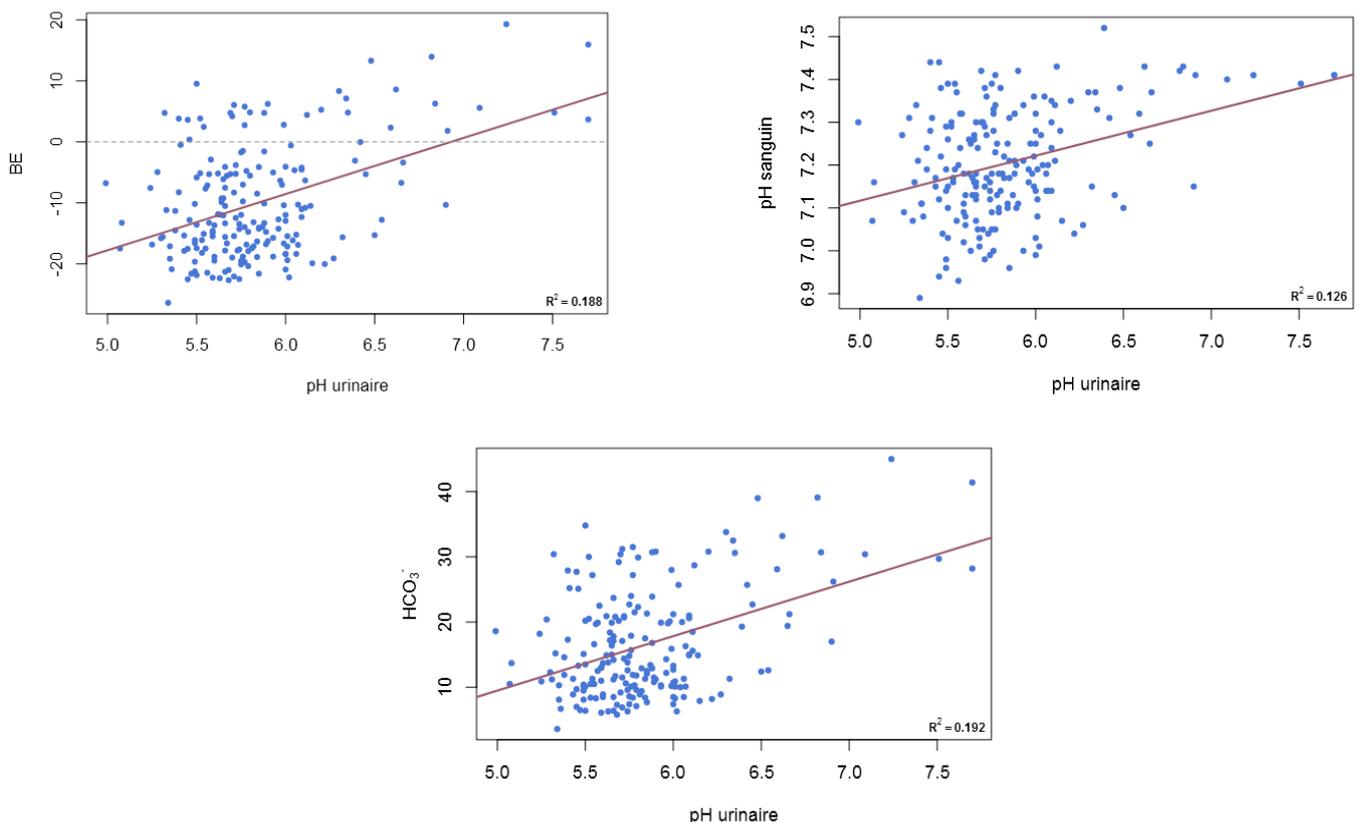


Figure 22 : Relation entre le pH urinaire et le pH sanguin, la concentration en HCO_3^- , et l'excès de bases de 193 veaux.

5. Relation entre les paramètres acido-basiques sanguins et les signes cliniques de 193 veaux

La relation entre les signes cliniques et les analytes sanguins mesurés ou calculés (pH sanguin, EB et trou anionique) est étudiée par des régressions linéaires ou par les test de Mann and Whitney et Kruskal and Wallis. Pour les analyses statistiques, des groupes de déshydratation ont été créés ($\%DH < 3\%$, $3 < \%DH < 7$, et $\%DH > 7$), les scores posture 1 et 2 et les scores posture 3 et 4 ont été regroupés pour obtenir deux classes : veaux debout et veaux couchés (posture2), les scores vigilance 4 ont été regroupés avec les scores 3 pour obtenir trois classes, et les deux veaux dont le réflexe palpébral est absent, sont regroupés avec les veaux dont le RP est lent. La concentration en HCO_3^- sanguin suit de façon significative l'EB calculé, ce qui montre une bonne cohérence du calcul réalisé (figure 23).

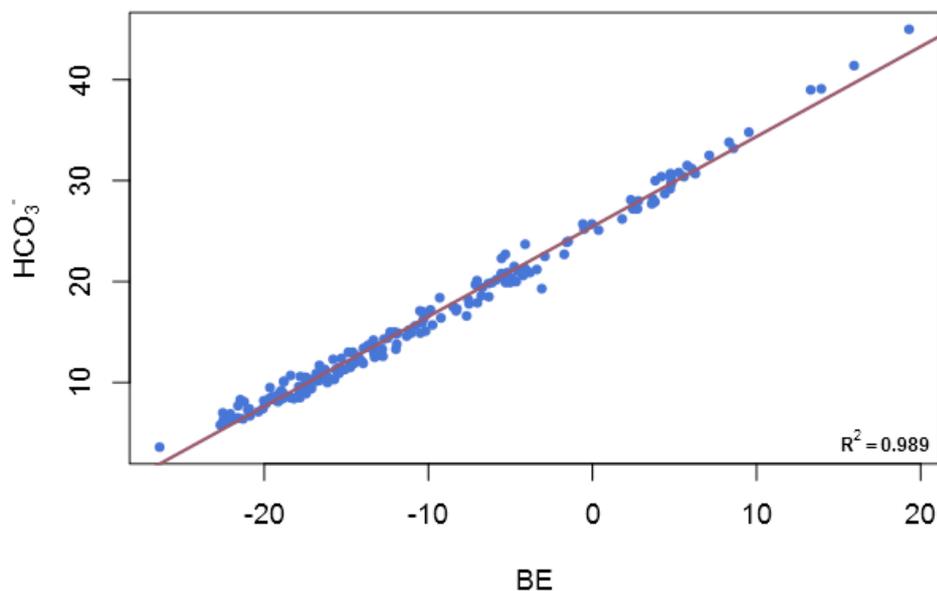


Figure 23 : Relation HCO_3^- sanguin et EB calculé.

i. Relation entre le pH sanguin et les signes cliniques

La relation entre le pH sanguin et les différents signes cliniques est présentée dans les figures 24, 25, 26, 27, 28, et 29.

Le test de comparaison de pH sanguin médian par groupe de température rectale (groupe $< 38^{\circ}\text{C}$ et groupe $> 38^{\circ}\text{C}$) est significatif. Il y a donc une différence significative de pH sanguin selon le groupe température. La même observation est faite en continu (régression linéaire) (figure 24).

Le pH sanguin a aussi un effet sur la posture puisque le test de comparaison de pH sanguin en fonction de la posture montre une différence significative des pH sanguins médians (figure 25).

La vigilance dépend elle aussi du pH sanguin, avec les mêmes observations que pour la posture (figure 26). Il y a une différence significative des pH médians entre les deux groupes de réflexe palpébral (figure 27).

En revanche, pour le réflexe de succion, il n'y a pas de différence significative des pH sanguin médians entre les trois groupes (figure 28).

La pente reliant le pourcentage de déshydratation et le pH sanguin est significativement différente de 0 (p-value = 0,005), il y a donc un effet déshydratation en continu. Si on crée ensuite des groupes ($\%DH < 3\%$, $3 < \%DH < 7$, et > 7), on obtient aussi un effet classe de déshydratation sur le pH sanguin médian au risque 10% (p-value = 0,06) (figure 29).

Il existe d'autres facteurs donnant des pH sanguins médians différents par groupe : le sexe, la classe d'énophtalmie, l'âge en continu ou en classes, ou le diagnostic.

-

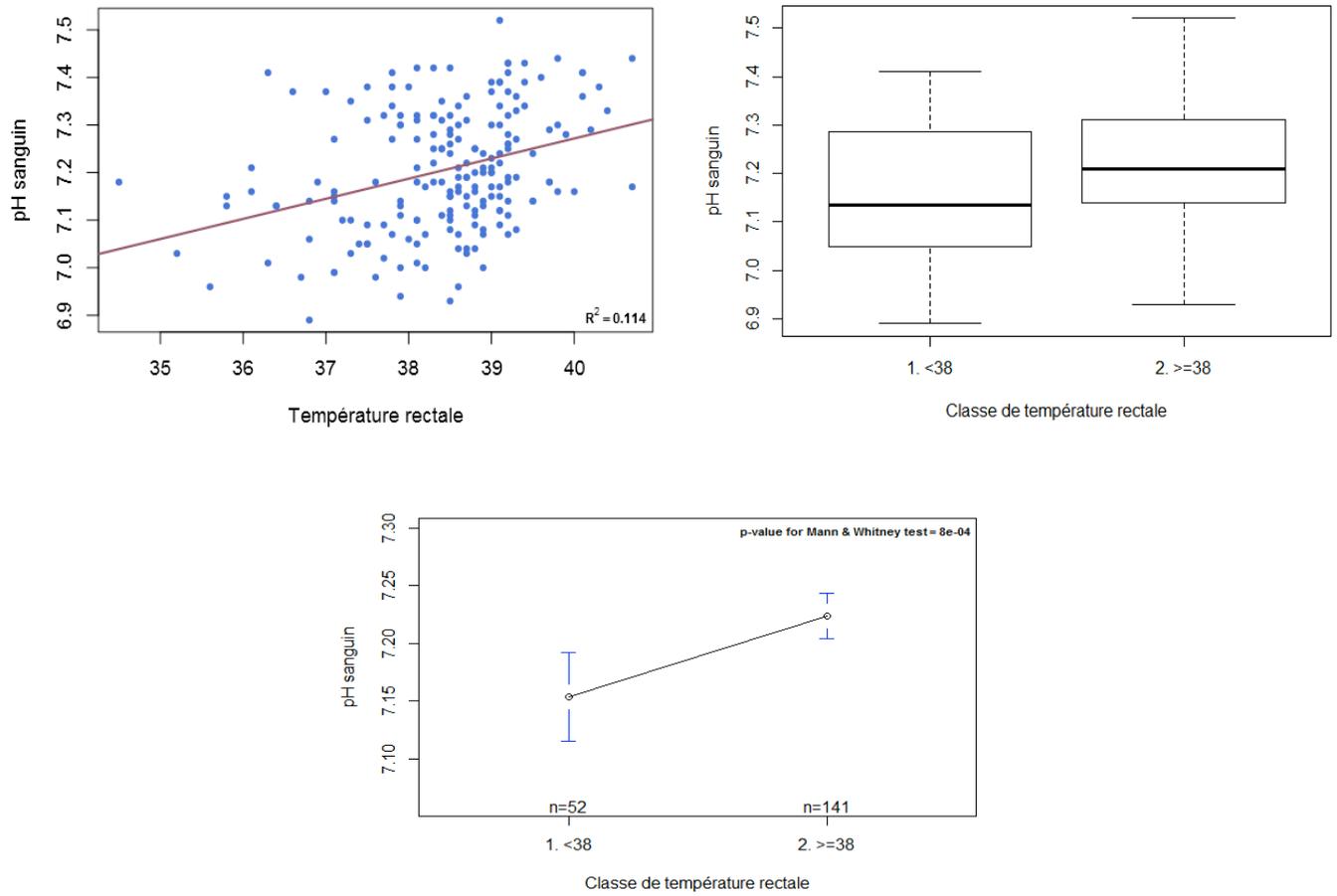


Figure 24 : Relation entre le pH sanguin et la température rectale pour 193 veaux.

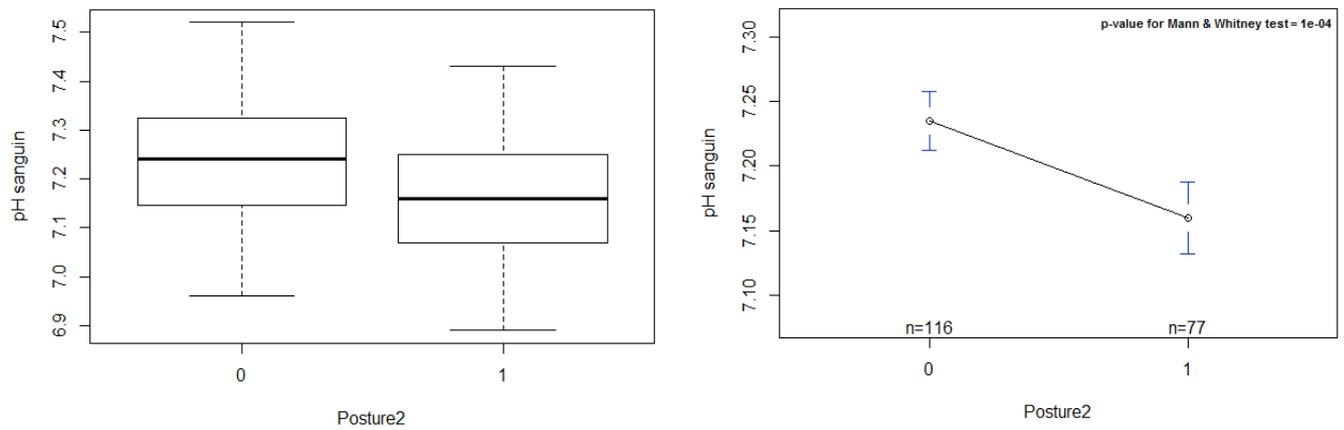


Figure 25 : Relation entre le pH sanguin et la posture pour 193 veaux.

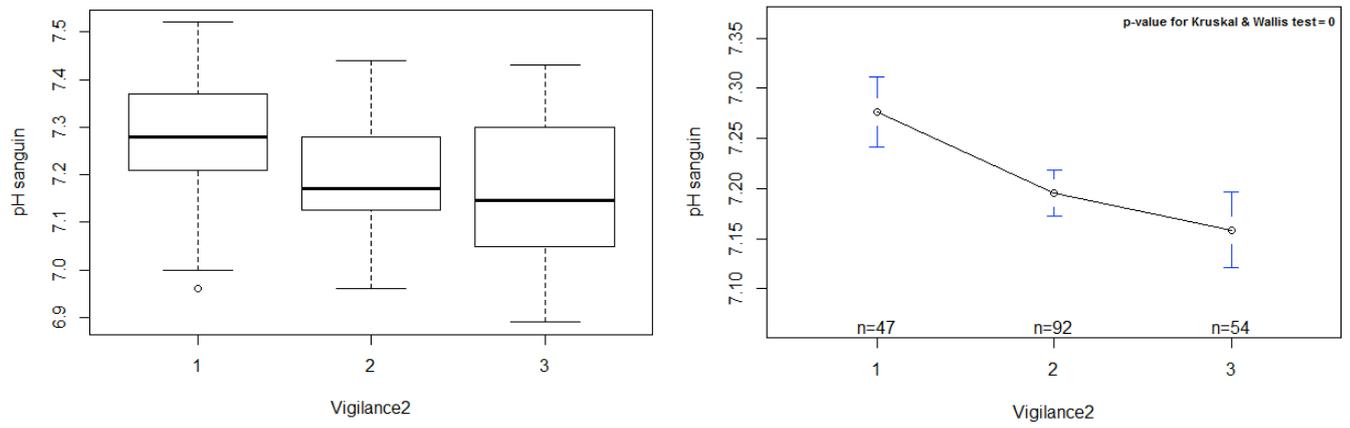


Figure 26 : Relation entre le pH sanguin et la vigilance des 193 veaux.

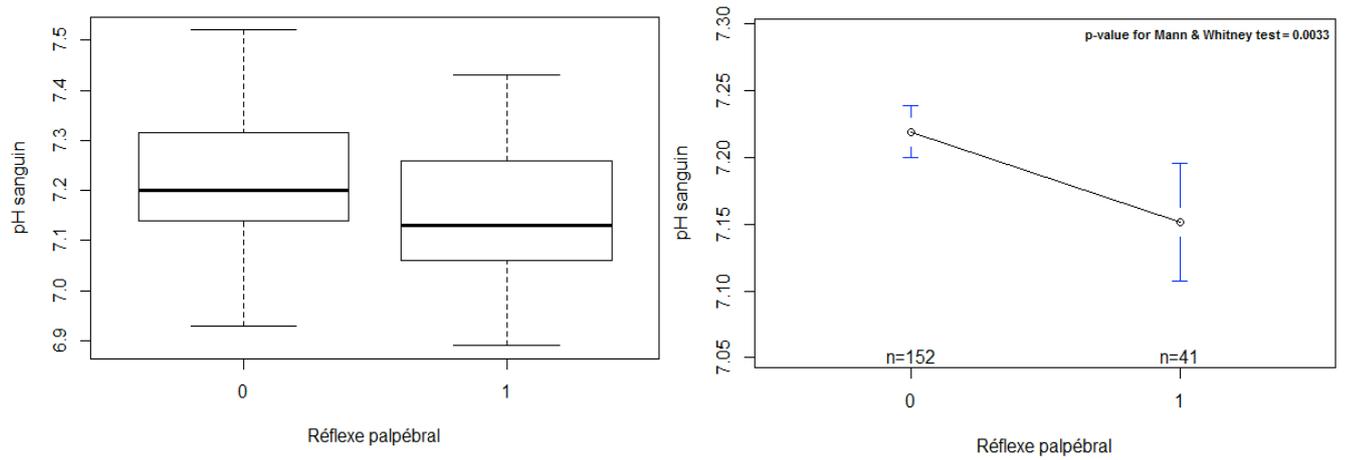


Figure 27 : Relation entre le pH sanguin et le réflexe palpébral pour 193 veaux.

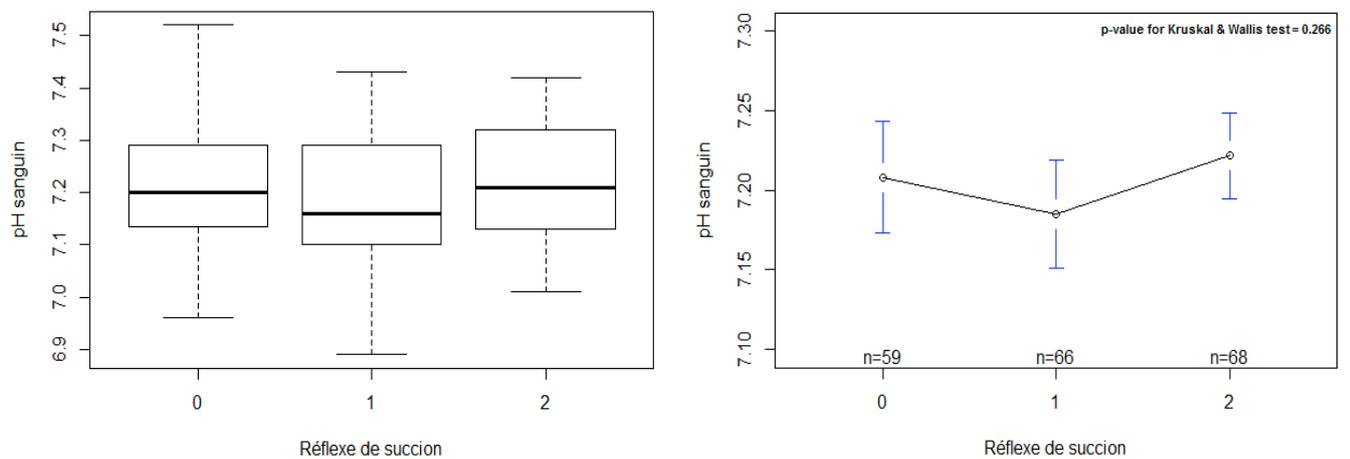


Figure 28 : Relation entre le pH sanguin et le réflexe de succion pour 193 veaux.

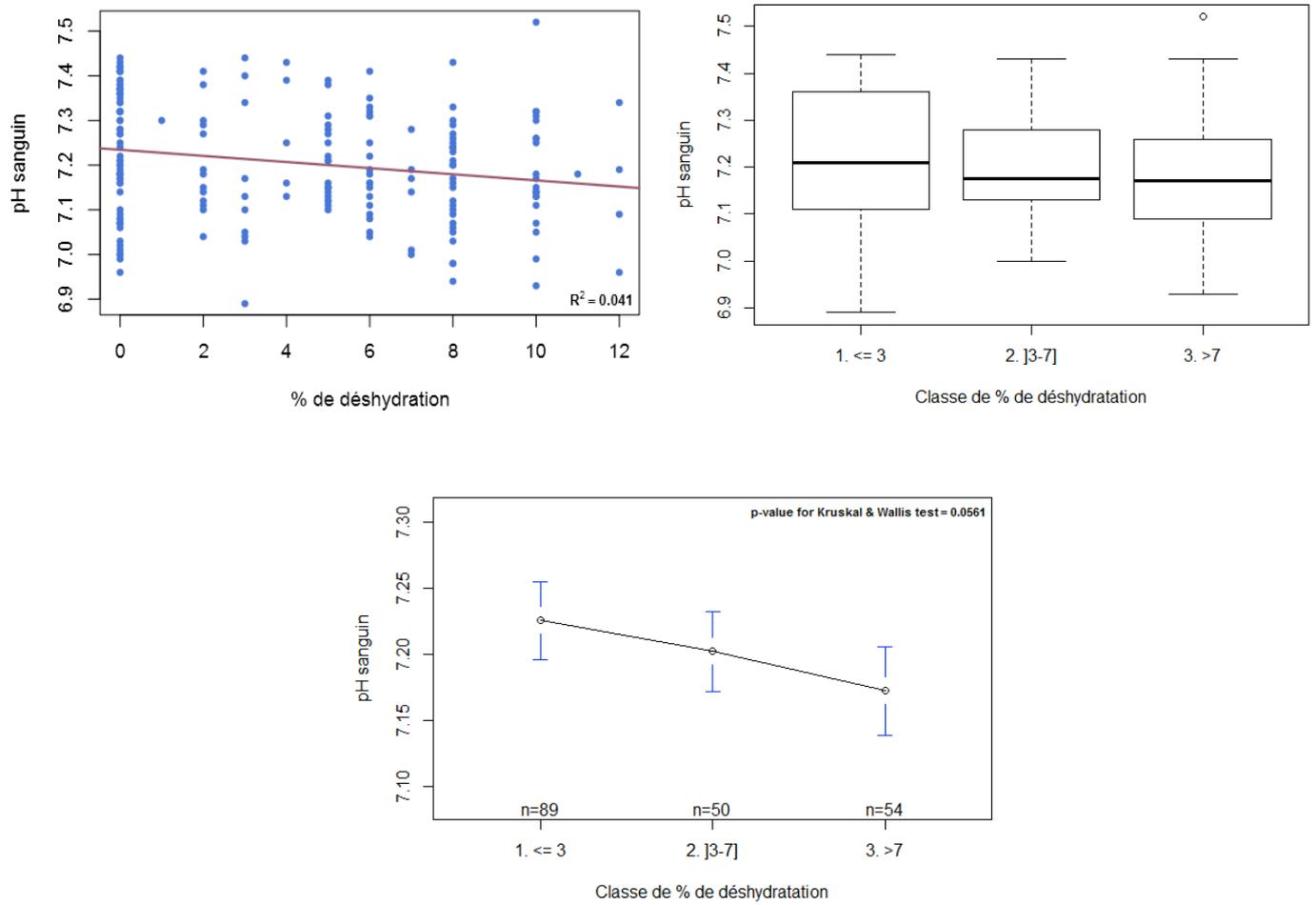


Figure 29 : Relation entre le pH sanguin et le pourcentage de déshydratation.

ii. Relation entre la concentration en HCO_3^- sanguin et les signes cliniques

La relation entre la concentration en HCO_3^- sanguin et les signes cliniques est présentée dans les figures 30, 31, 32, 33, 34, et 35.

La régression linéaire établie entre HCO_3^- et la température rectale ne montre pas d'effet température en continu, car la pente n'est pas significativement différente de zéro (p-value = 0,21), (figure 30).

Le test de comparaison de HCO_3^- médian par groupe est non significatif, il n'y a pas de différence de HCO_3^- médian selon le groupe (< 38 ou >38°C).

Le test réalisé pour la posture montre quant à lui, que l' HCO_3^- médian est significativement différent entre les deux groupes (figure 31). Pour la vigilance, au moins un HCO_3^- médian est significativement différent des autres (figure 32).

En revanche, il n'y a pas de différence significative entre les HCO_3^- médians des groupes RP présent et RP lent au risque 10% (figure 33), alors qu'il y a au moins un HCO_3^- médian significativement différent des autres entre les groupes RS présent, RS lent et RS absent (figure 34).

Enfin, il n'y a pas d'effet déshydratation en continu, car la pente n'est pas significativement différente de zéro (p-value = 0,12) (figure 35), ni d'effet classe de déshydratation sur les HCO_3^- médians (p-value = 0,96).

Les facteurs sexe, âge en continu ou en classes, et diagnostic donnent des HCO_3^- médians significativement différents.

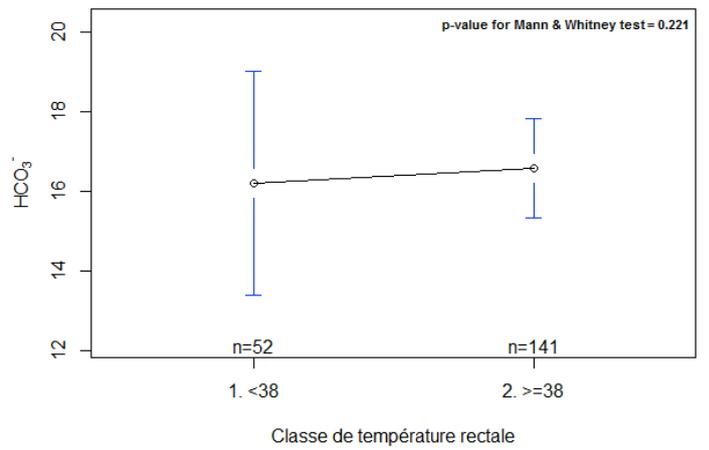
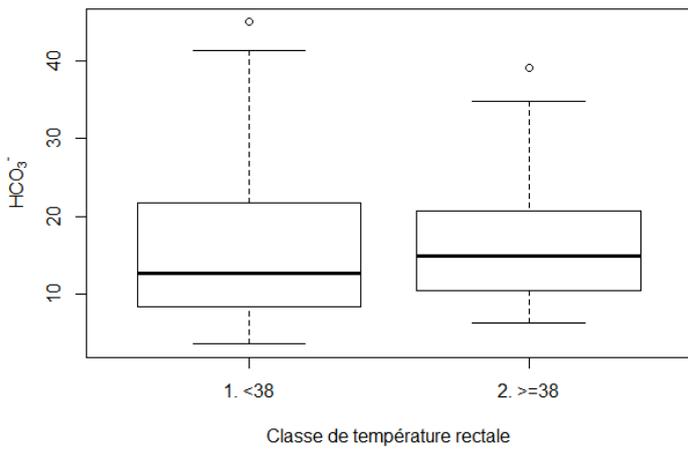
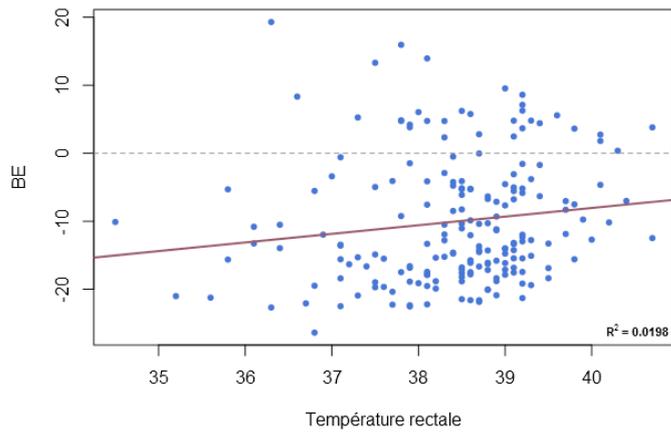


Figure 30 : Relation entre la concentration en HCO_3^- sanguin et la température rectale pour 193 veaux.

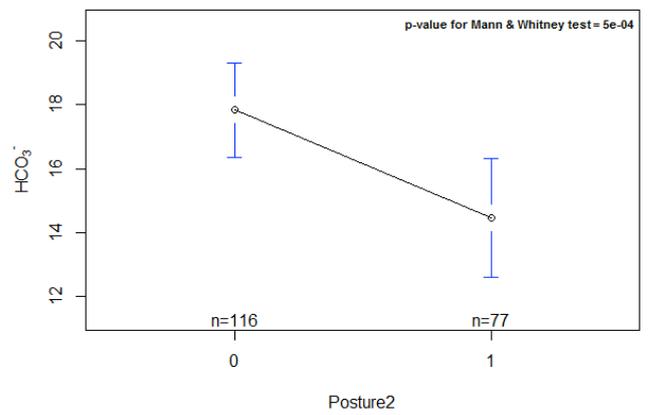
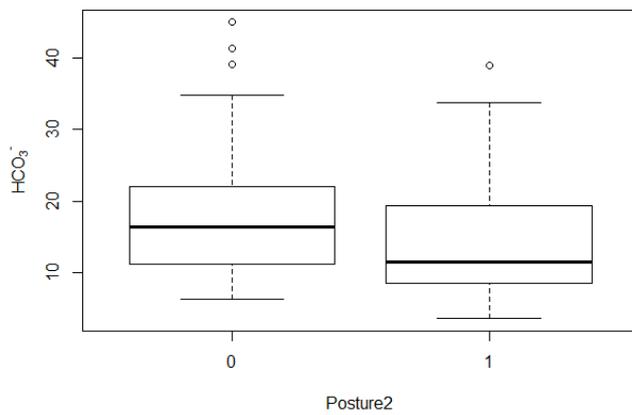


Figure 31 : Relation entre la concentration en HCO_3^- sanguin et la posture pour 193 veaux.

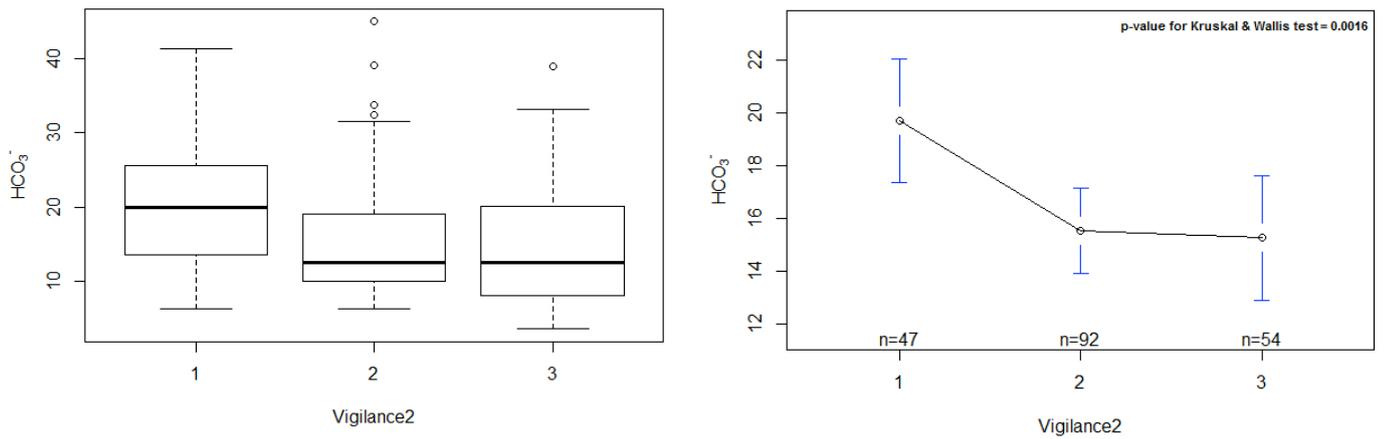


Figure 32 : Relation entre la concentration en HCO_3^- sanguin et la vigilance pour 193 veaux.

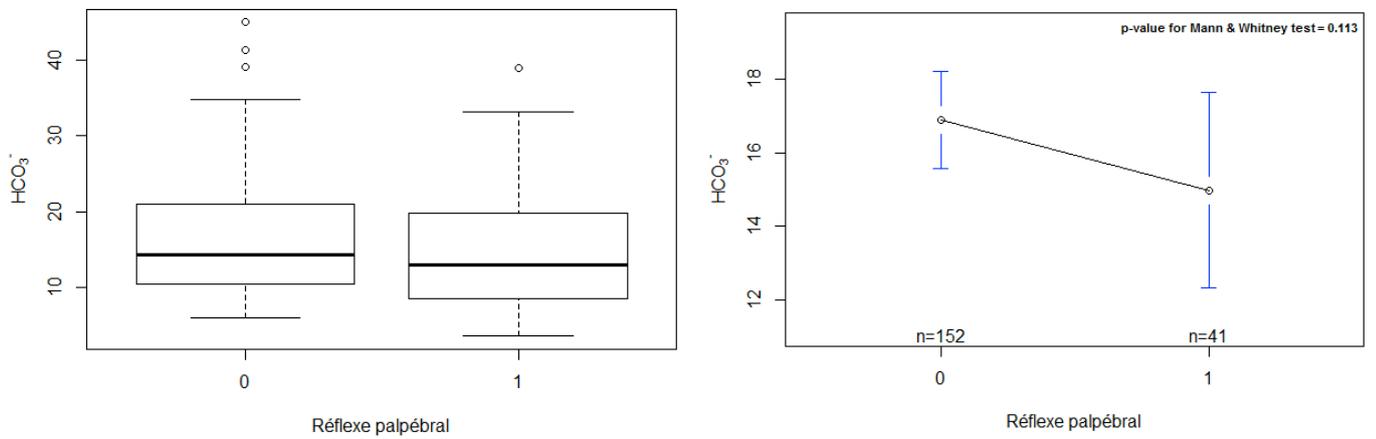


Figure 33 : Relation entre la concentration en HCO_3^- sanguin et le réflexe palpébral pour 193 veaux.

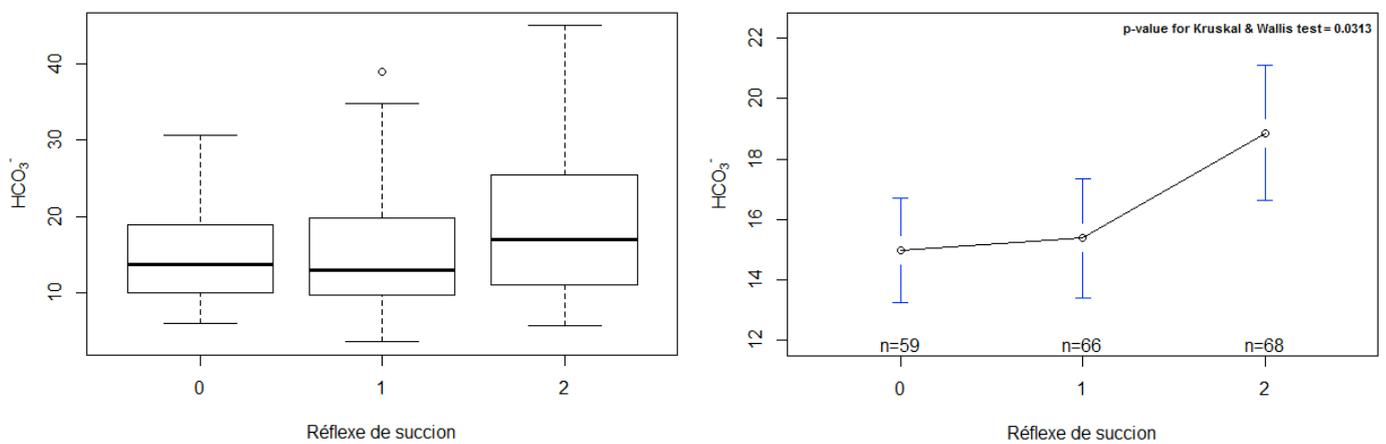


Figure 34 : Relation entre la concentration en HCO_3^- sanguin et le réflexe de succion pour 193 veaux.

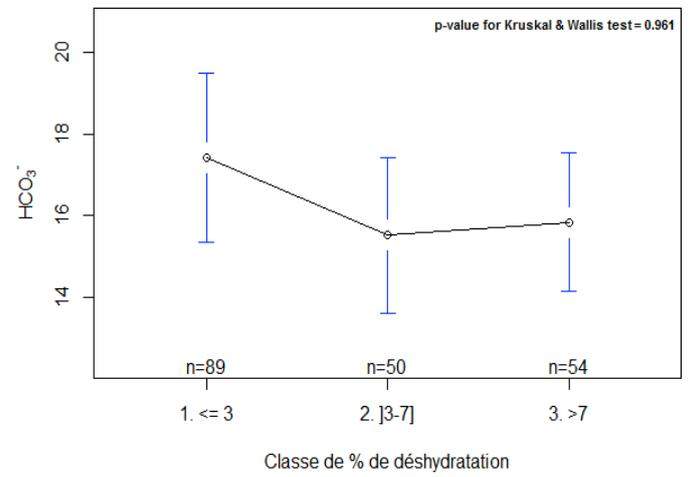
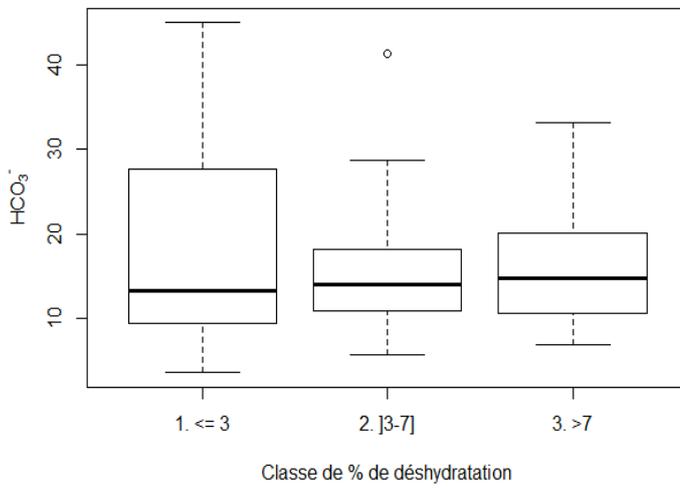
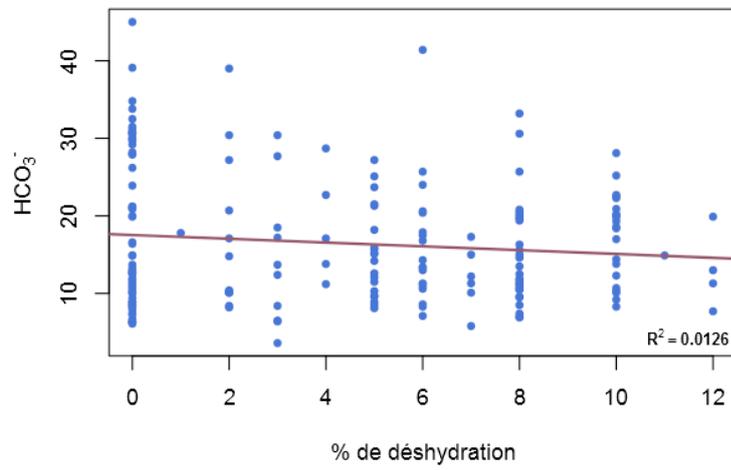


Figure 35 : Relation entre la concentration en HCO_3^- sanguin et le pourcentage de déshydratation.

iii. Relation entre l'EB et les différents signes cliniques

La relation entre l'EB et les différents signes cliniques est présentée dans la figure 36, 37, 38, 39, 40, et 41.

La régression linéaire établie entre l'EB et la température rectale montre un effet température en continu, car la pente est significativement différente de zéro (p-value = 0,05), (figure 36). De même, le test de comparaison de l'EB médian par groupe est significatif à 10%, l'EB médian est significativement différent selon le groupe de température (< 38°C et > 38°C) (figure 36).

Le test réalisé pour la posture montre quant à lui, que l'EB médian est significativement différent entre les deux groupes (figure 37). Pour la vigilance, au moins un BE médian est significativement différent des autres (figure 38), comme pour le RS (figure 40).

L'EB médian est significativement différent entre les deux groupes RP présent et RP lent (figure 39).

Enfin, la régression linéaire établie entre l'EB et la déshydratation montre une pente significativement différente de zéro au risque 10% (p-value = 0,07), mais il n'y a pas d'effet classe de déshydratation sur l'EB médian (p-value=0,82) (figure 41). Les facteurs sexe, âge en continu et diagnostic montrent aussi des EB médians significativement différents.

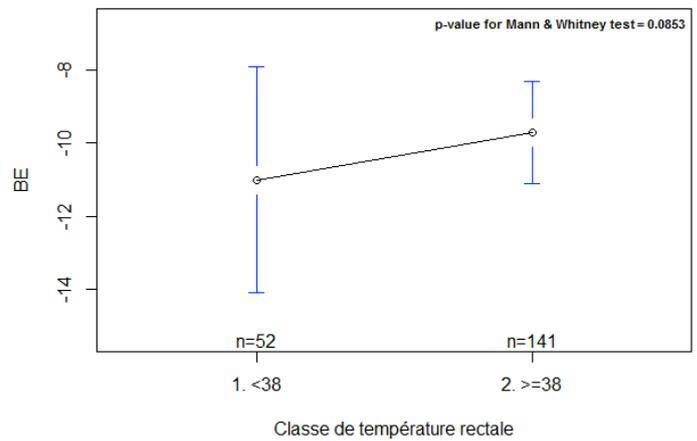
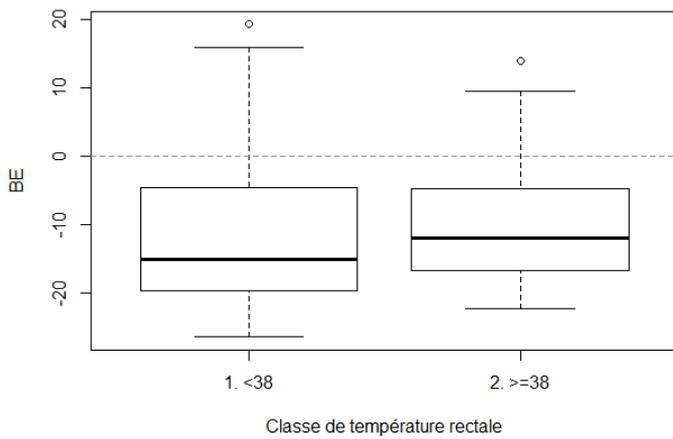
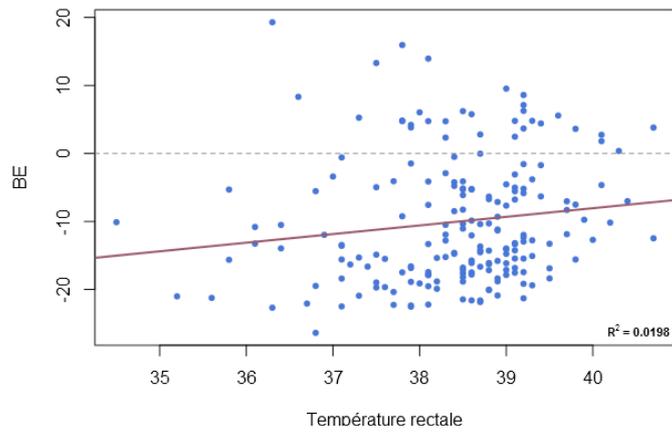


Figure 36 : Relation entre l'EB et la température rectale pour 193 veaux.

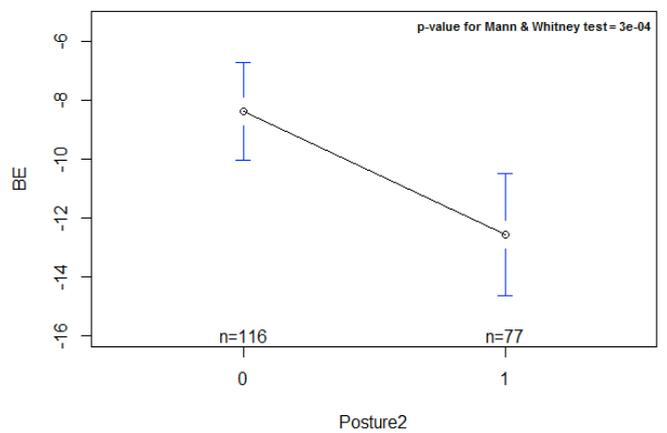
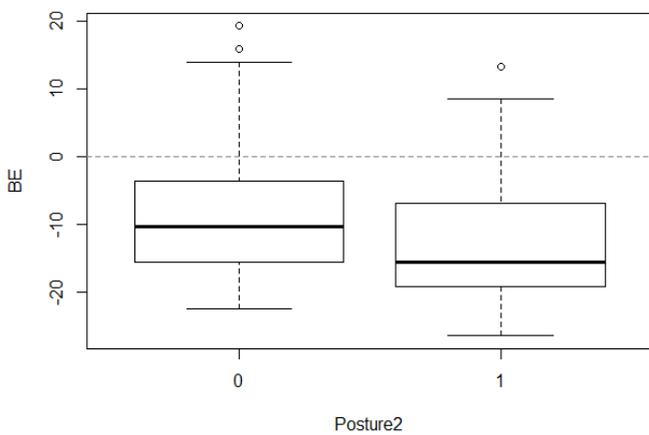


Figure 37 : Relation entre l'EB et la posture pour 193 veaux.

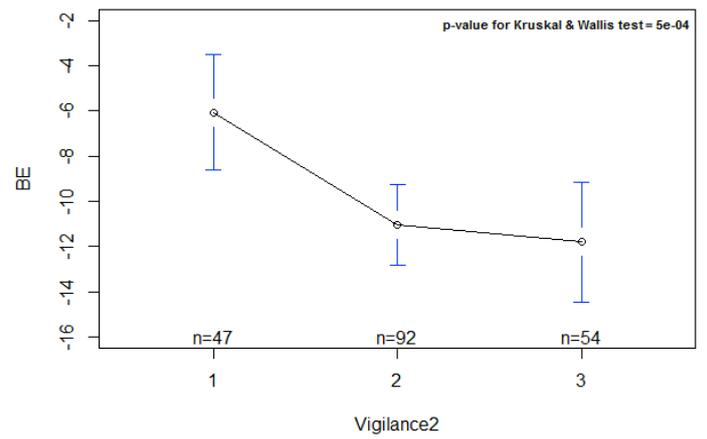
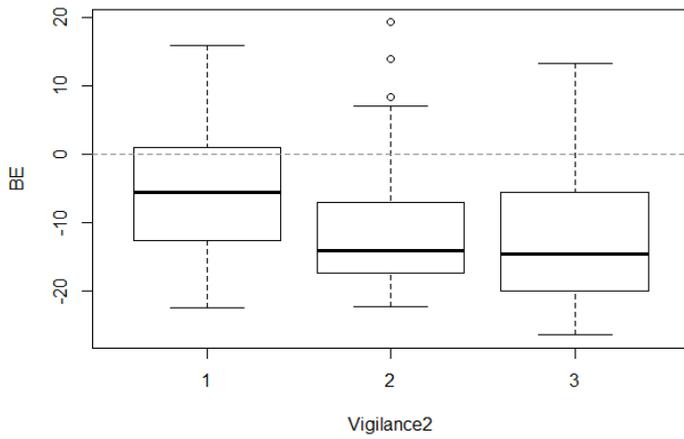


Figure 38 : Relation entre l'EB et la vigilance pour 193 veaux.

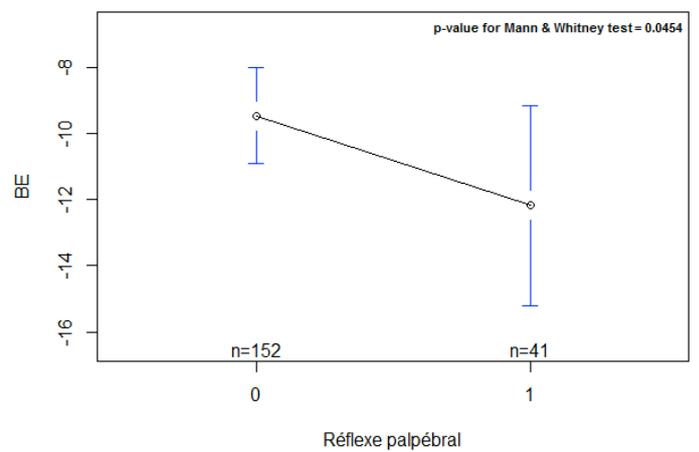
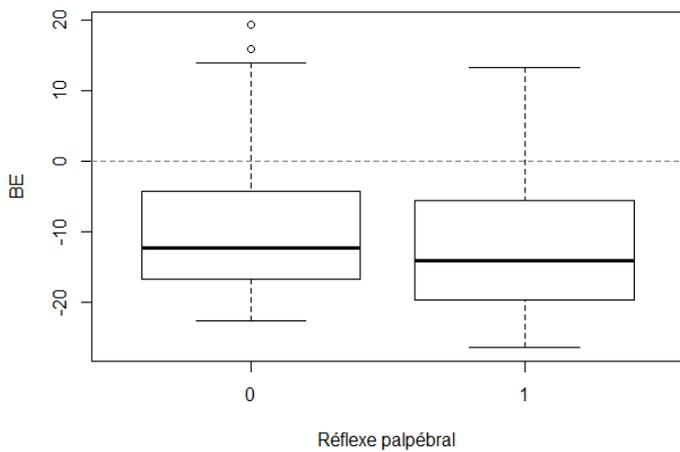


Figure 39 : Relation entre l'EB et le réflexe palpébral pour 193 veaux.

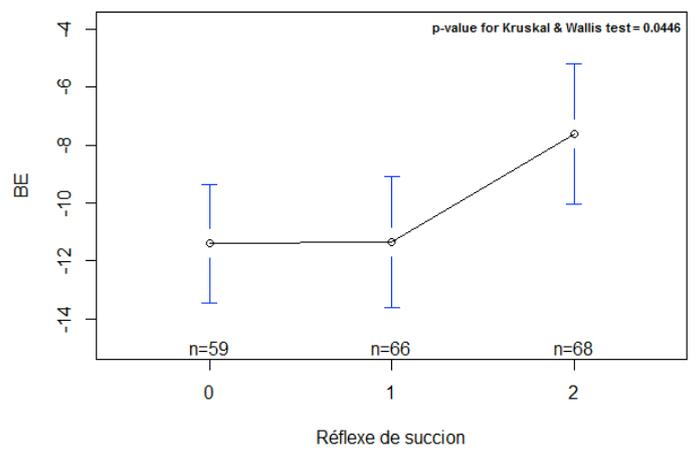
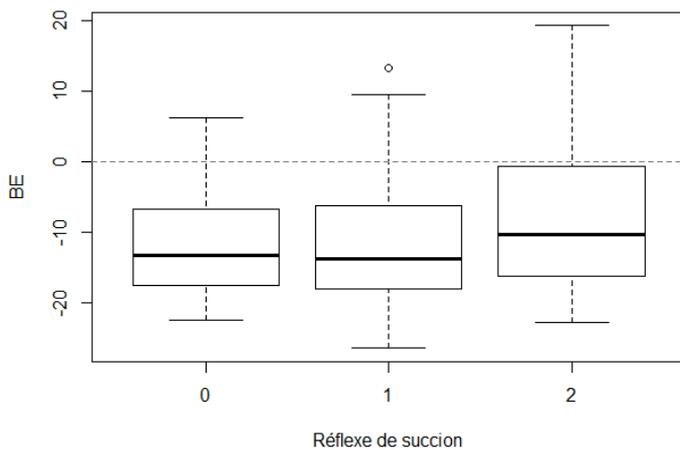


Figure 40 : Relation entre l'EB et le réflexe de succion pour 193 veaux.

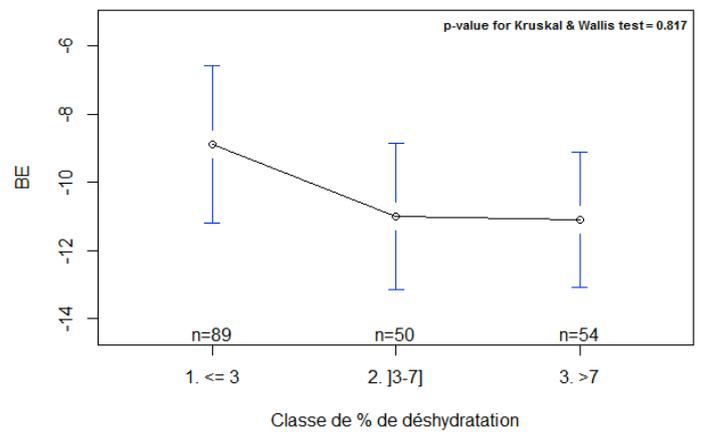
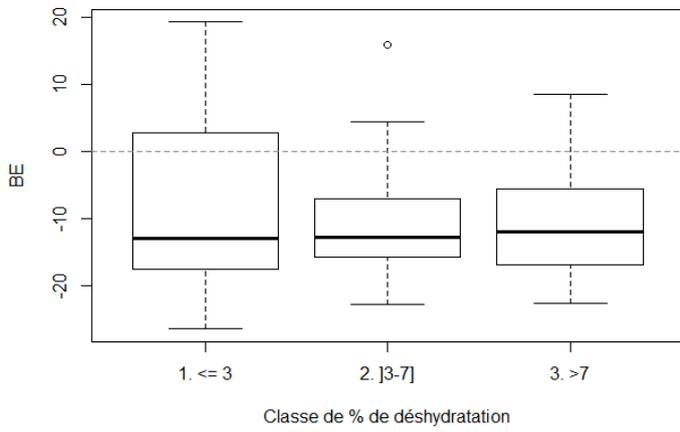
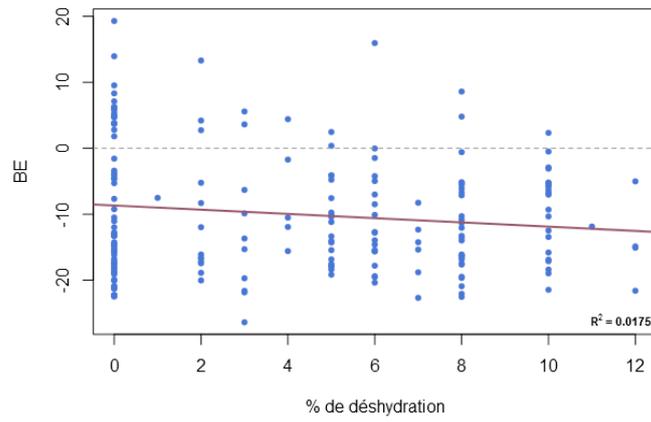


Figure 41 : Relation entre l'EB et le pourcentage de déshydratation.

iv. Relation entre le trou anionique et les différents signes cliniques

La relation entre le trou anionique (TA) et les différents signes cliniques est présentée dans les figures 42, 43, 44, 45, 46, et 47.

La régression linéaire établie entre le TA et la température rectale ne montre pas d'effet température en continu, la pente n'est pas significativement différente de zéro (p-value = 0,74), (figure 42). De même, le test de comparaison de trou anionique médian par groupe n'est pas significatif. Il n'y a pas de différence significative de trou anionique médian selon le groupe température (<38°C ou >38°C). Le test réalisé pour la posture montre quant à lui que le TA médian est significativement différent entre les deux groupes (figure 43). Pour la vigilance, au moins un TA médian est significativement différents des autres (figure 44). En revanche, le TA médian n'est pas significativement différent en fonction des groupes pour le RS et le RP (figure 45 et 46). Enfin, la régression linéaire établie entre le TA et la déshydratation montre une pente non significativement différente de zéro (p-value = 0,41). Il n'y a pas non plus d'effet classe de déshydratation sur le TA médian (p-value=0,95) (figure 47). Les facteurs sexe, âge en continu en classes et diagnostic donnent aussi des TA médians significativement différents.

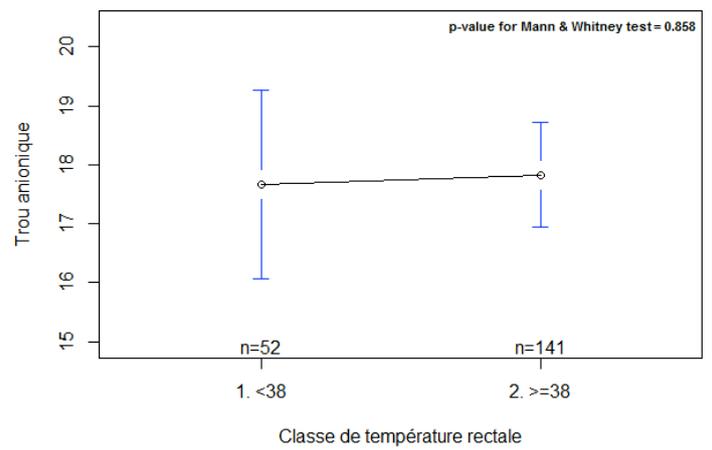
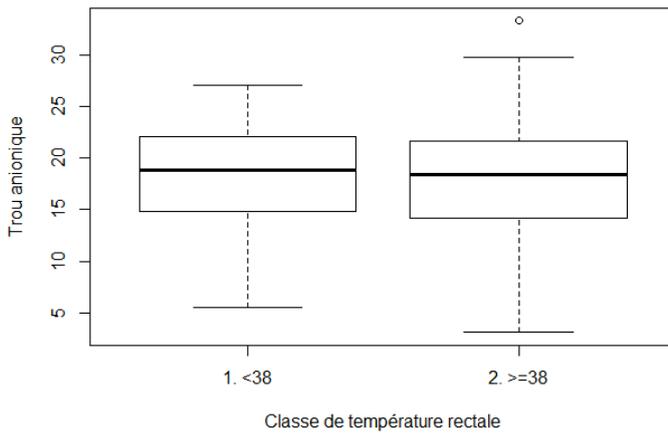
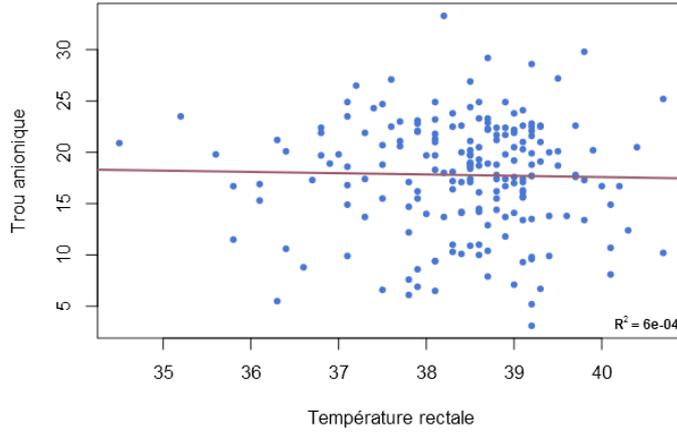


Figure 42 : Relation entre le TA et la température rectale pour 193 veaux.

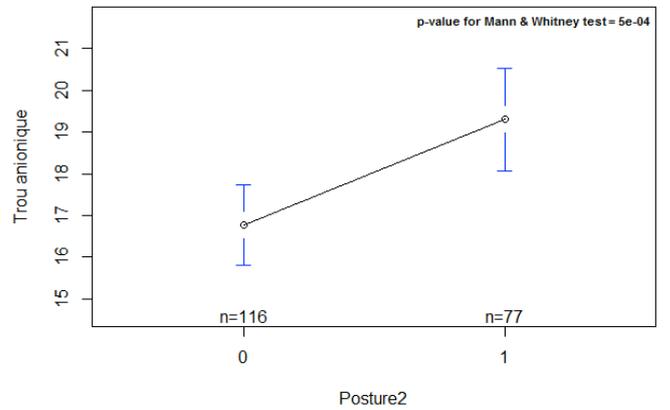
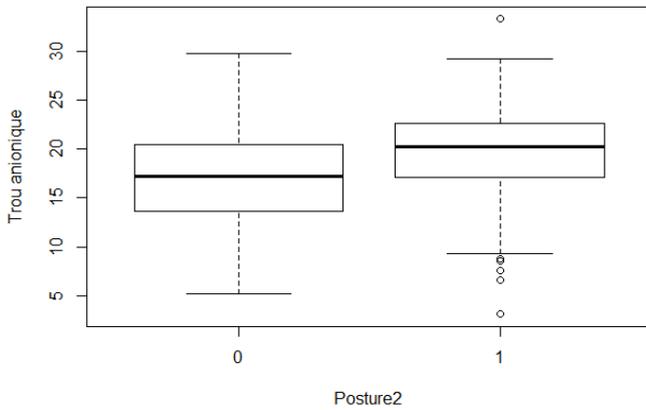


Figure 43 : Relation entre le TA et la posture pour 193 veaux.

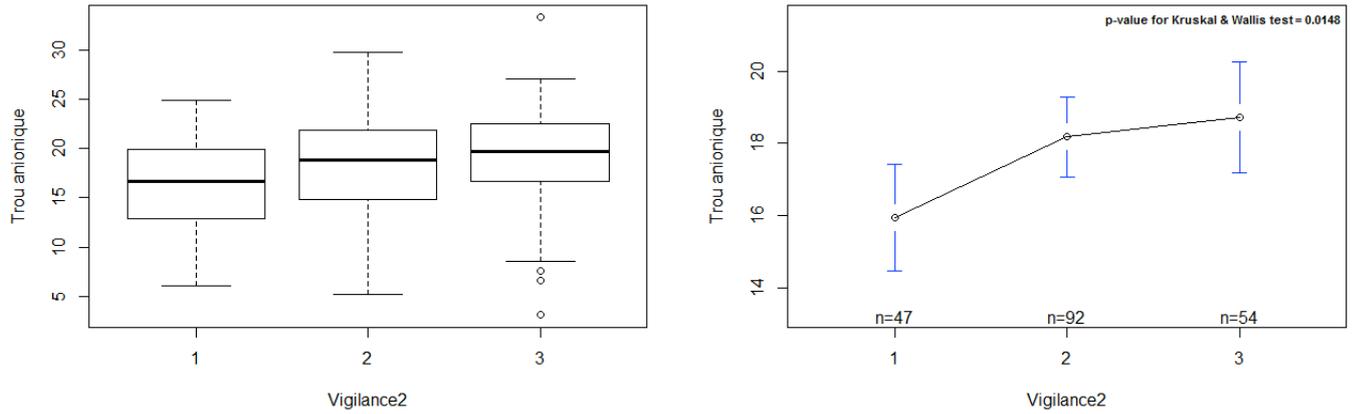


Figure 44 : Relation entre le TA et la vigilance pour 193 veaux.

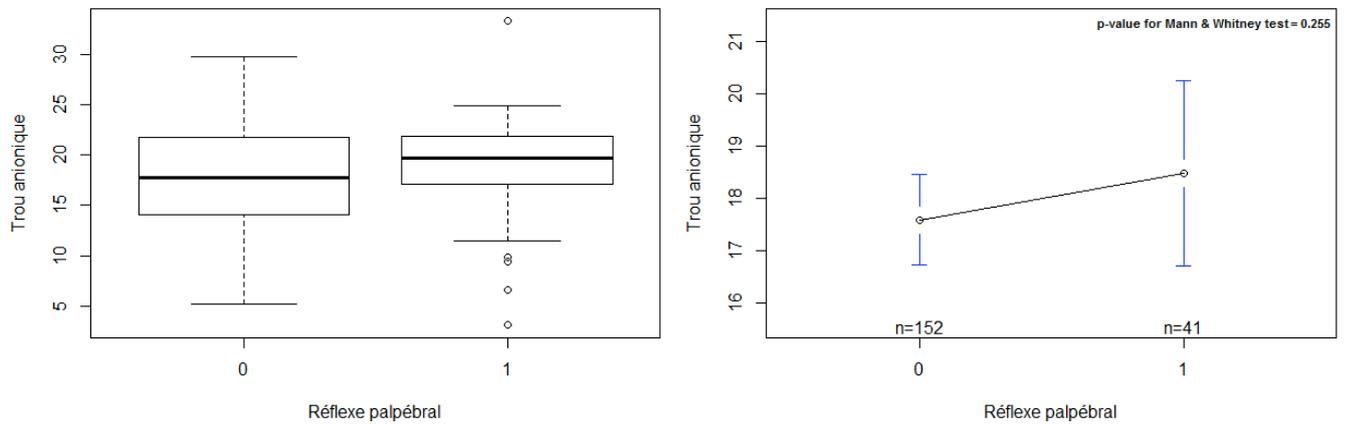


Figure 45 : Relation entre le TA et réflexe palpébral pour 193 veaux.

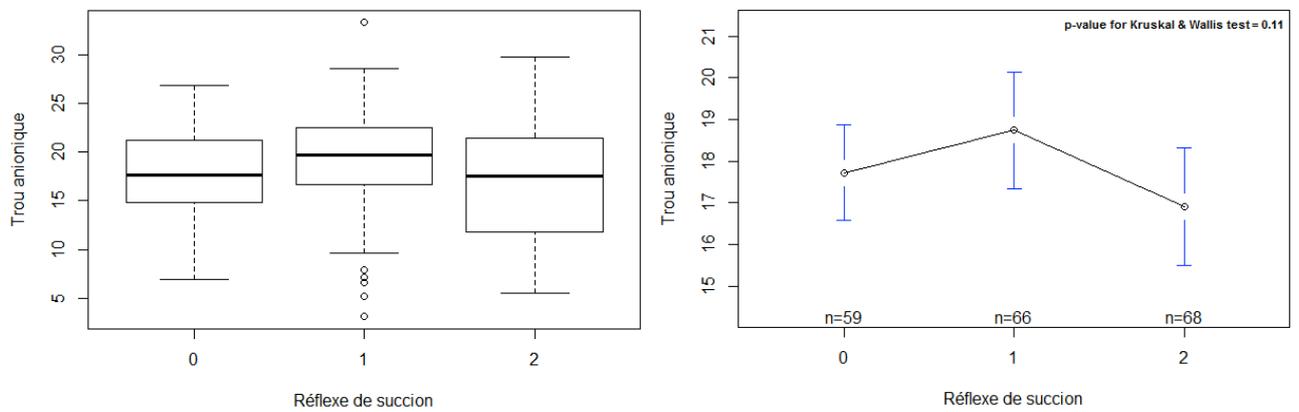


Figure 46 : Relation entre le TA et le réflexe de succion pour 193 veaux.

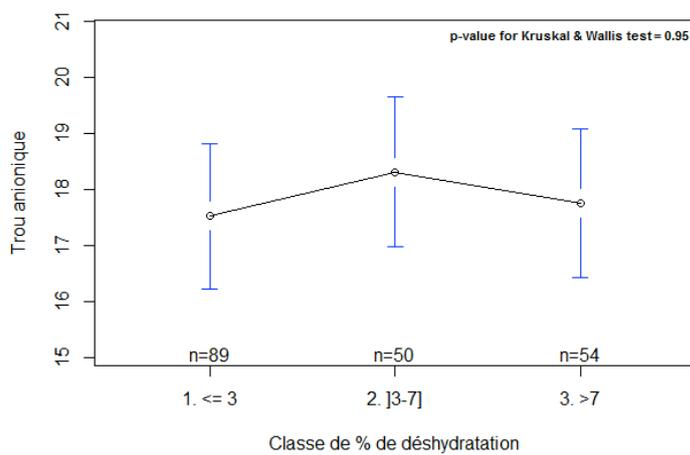
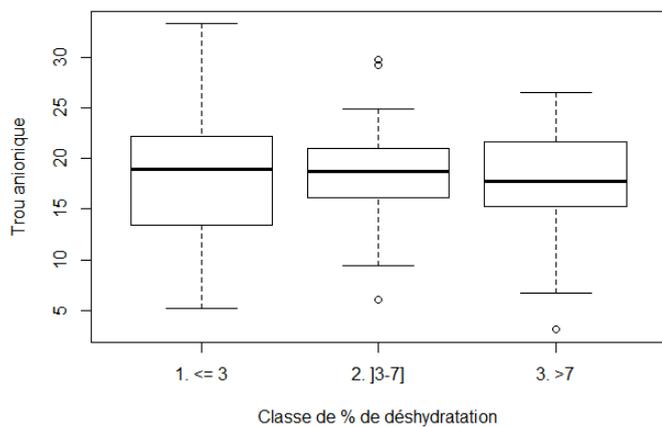
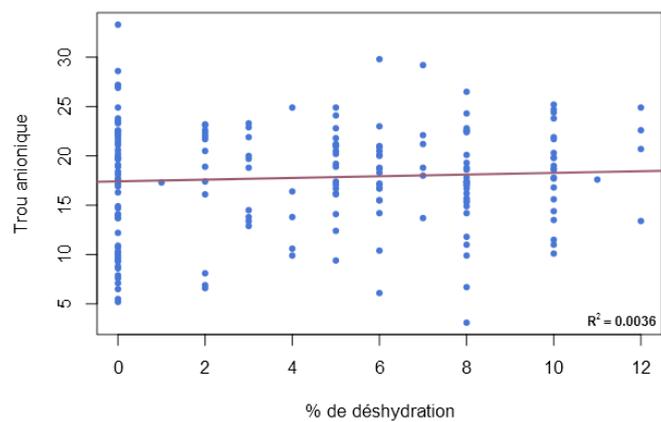


Figure 47 : Relation entre le TA et le pourcentage de déshydratation pour 193 veaux.

6. Relation entre le pH urinaire et les signes cliniques de 193 veaux

La relation entre le pH urinaire mesuré avec le pH-mètre et différents signes cliniques est étudiée par des régressions linéaires pour les variables continues et par le test de Mann and Whitney et Kruskal and Wallis pour les variables de type score (figure 48, 49, 50, 51, 52, et 53). Il n'y a pas d'effet température ou déshydratation en continu, et les tests de comparaison de pH urinaire médian ne sont pas significatifs : il n'y a pas de différence significative de pH médian selon les groupes, et ce, pour tous les signes cliniques étudiés.

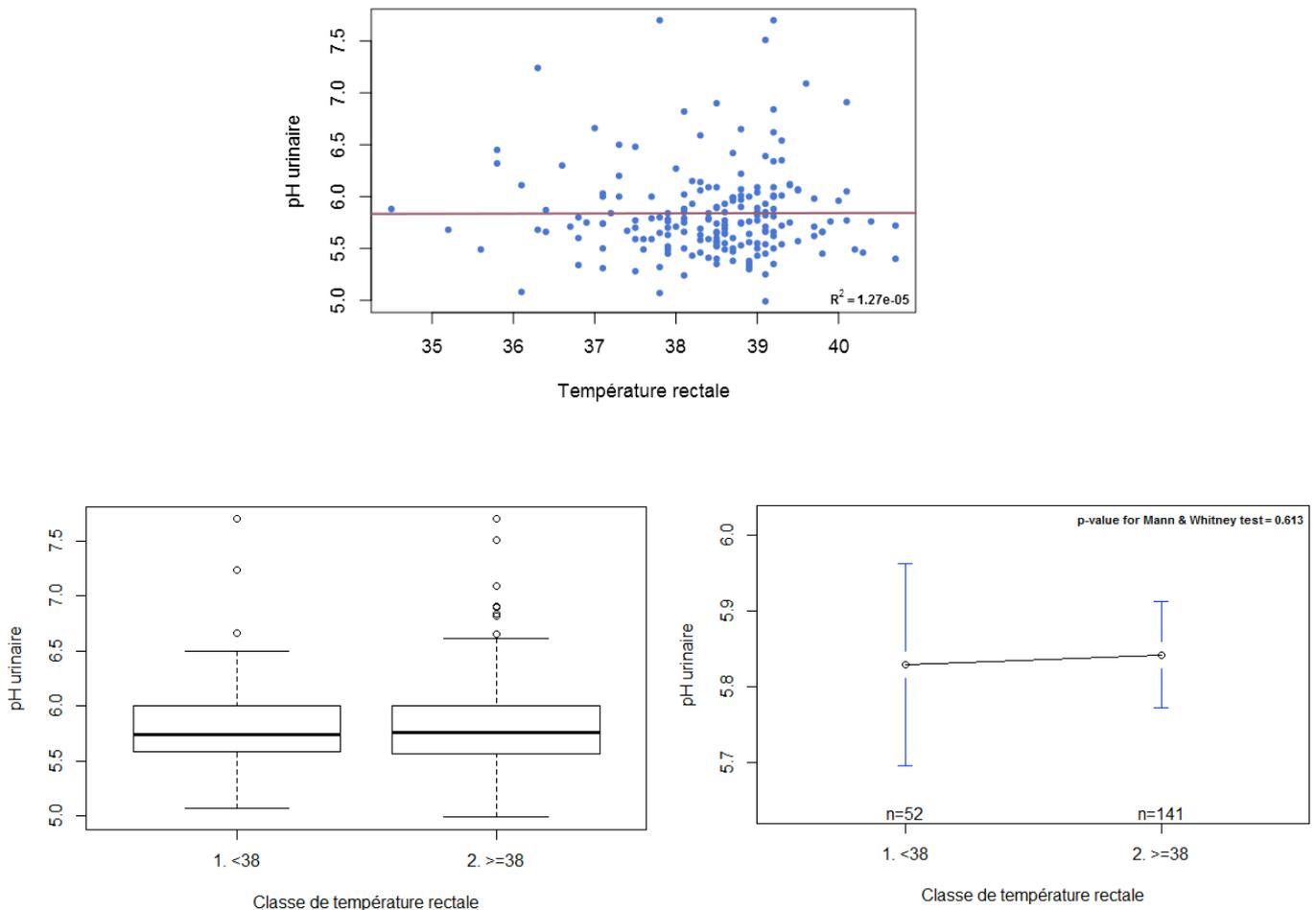


Figure 48 : Relation entre le pH urinaire et la température rectale pour 193 veaux.

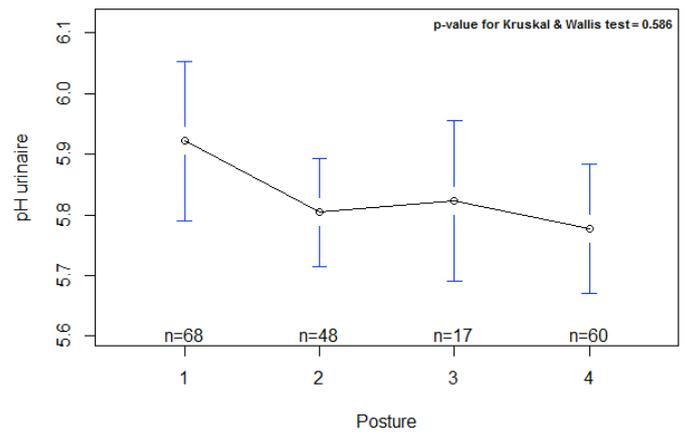
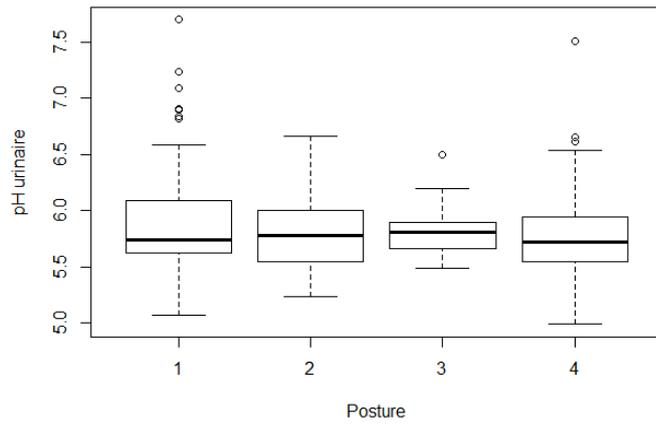


Figure 49 : Relation entre le pH urinaire et la posture pour 193 veaux.

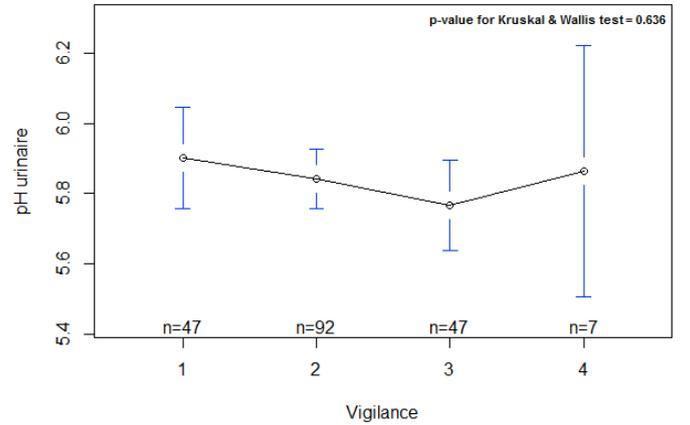
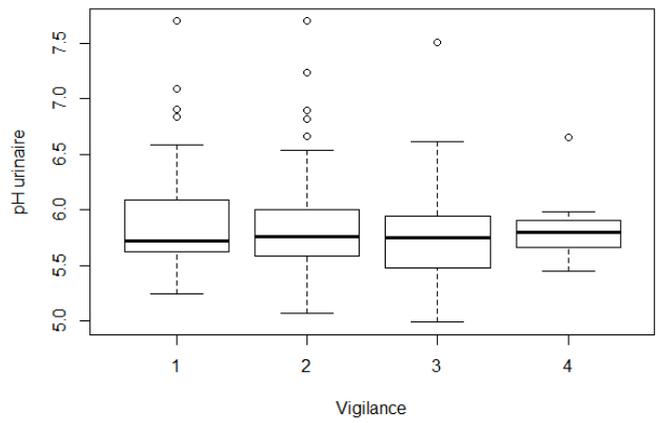


Figure 50 : Relation entre le pH urinaire et la vigilance pour 193 veaux.

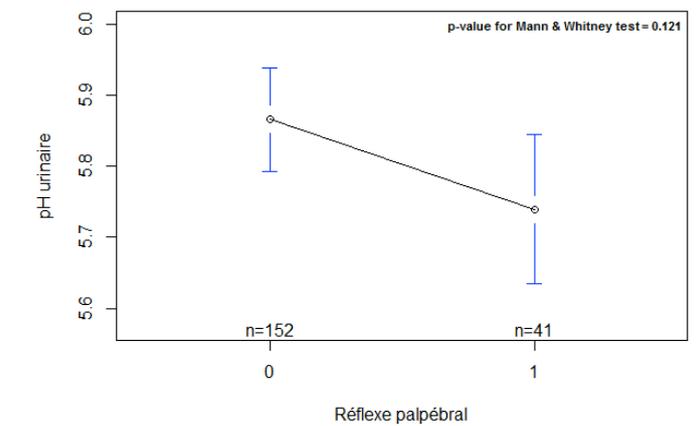
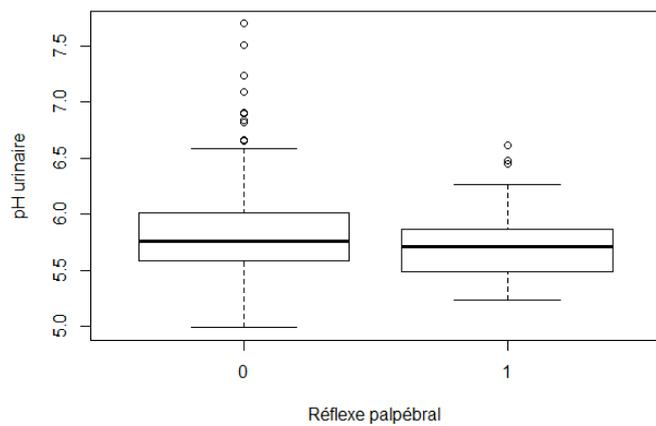


Figure 51 : Relation entre le pH urinaire et le réflexe palpébral.

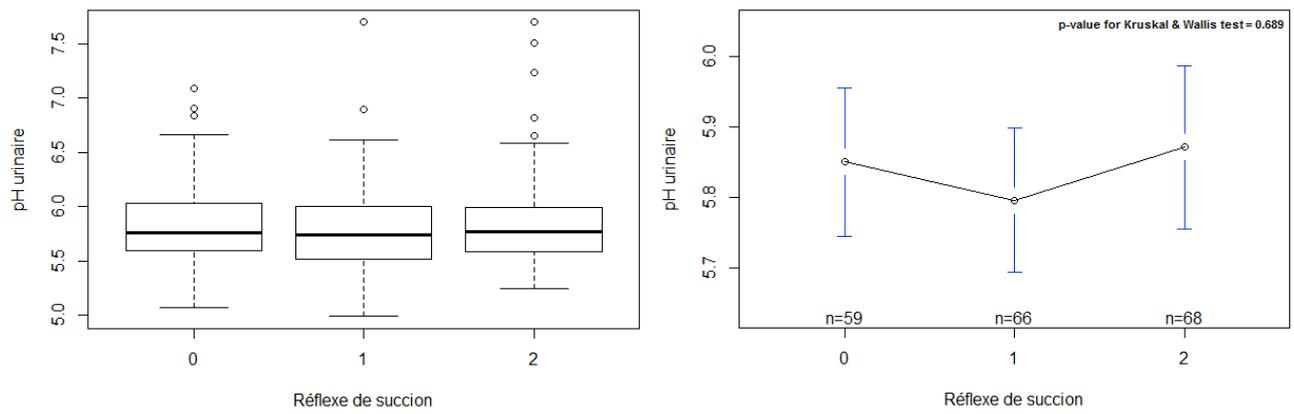


Figure 52 : Relation entre le pH urinaire et le réflexe de succion pour 193 veaux.

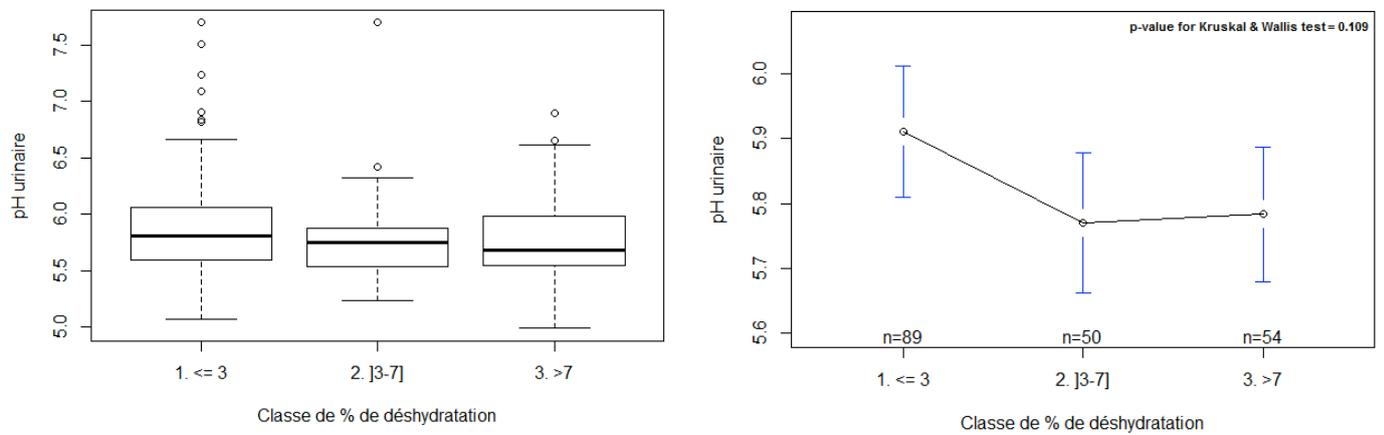
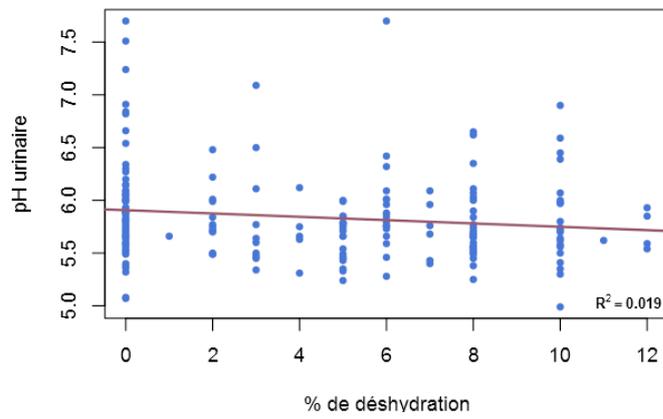


Figure 53 : Relation entre le pH urinaire et le pourcentage de déshydratation pour 193 veaux.

7. Relations entre le pH urinaire et les paramètres acido-basiques sanguins, segmentées par syndrome clinique

La relation entre le pH urinaire mesuré au pH-mètre et les paramètres acido-basiques sanguins mesurés ou calculés (VetStat®) est étudiée par régression linéaire après segmentation par syndrome clinique.

i. Syndrome « Anoxie/septicémie »

Dix veaux ont été inclus dans un syndrome qualifié de syndrome « anoxie / septicémie ». Ces veaux sont âgés de 0 à 4 jours, ne sont pas déshydratés, et peuvent être en hyperthermie, avec une vigilance altérée, un décubitus permanent ou non, des réflexes ralentis, des muqueuses congestionnées, et des fèces liquides ou non. Des foyers infectieux, comme une omphalite, une arthrite, une uvéite sont possibles et évocateurs d'une bactériémie.

Les relations entre le pH urinaire et les paramètres acido-basiques sanguins des 10 veaux en anoxie/septicémie sont présentées dans la figure 54. Les nuages de points ne suggèrent pas de relation et les coefficients de détermination sont très proches de 0.

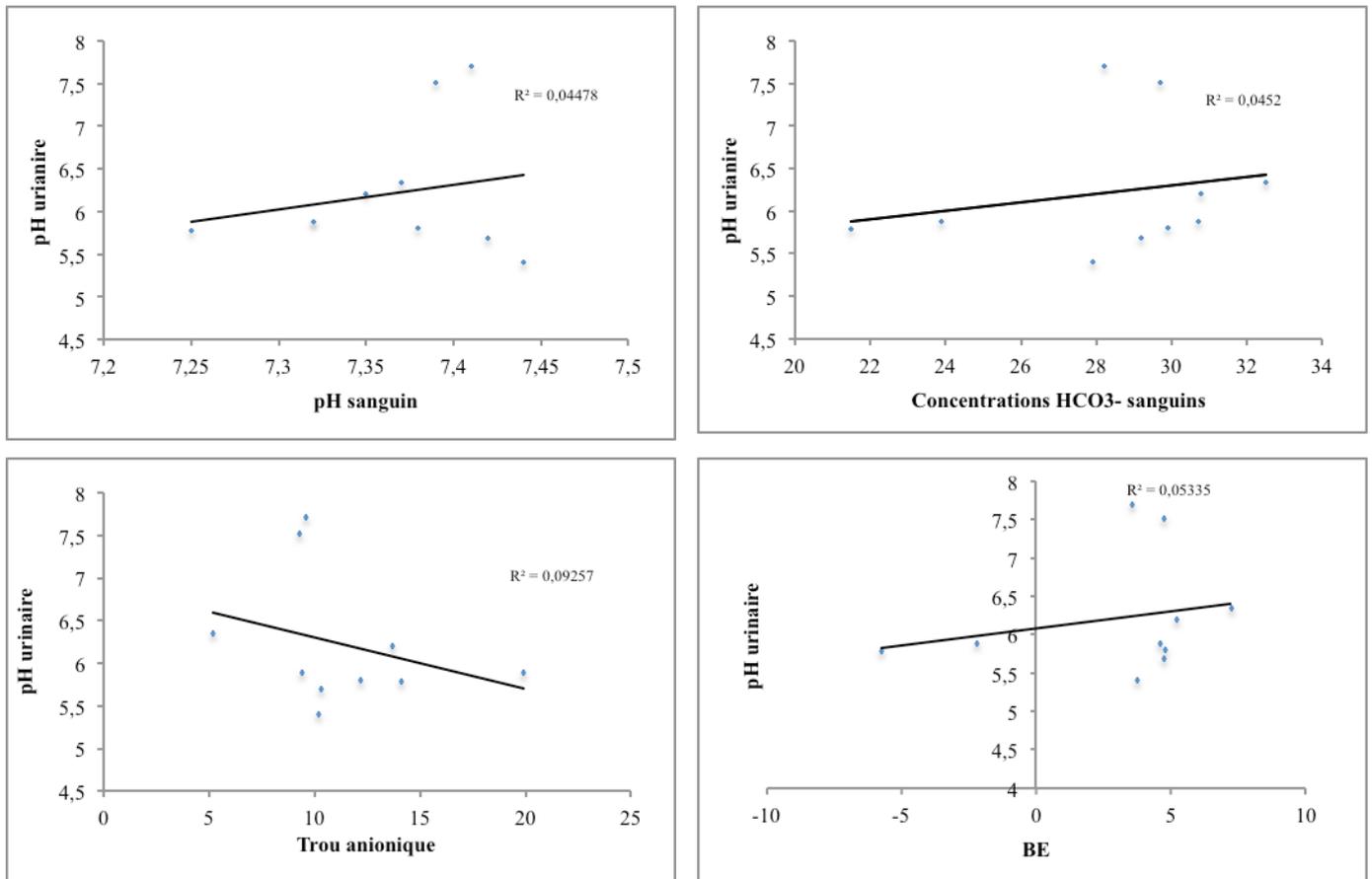


Figure 54 : Relation entre le pH urinaire et les paramètres acido-basiques sanguins (pH, HCO_3^- , trou anionique) de 10 veaux atteints du syndrome « anoxie / septicémie ».

ii. Syndrome « diarrhée du veau jusqu'à 5 jours »

Le groupe « diarrhée du veau jusqu'à 5 jours » comprend 35 veaux, tous âgés de 0 à 5 jours inclus. Ils sont déshydratés, les fèces sont liquides à aqueuses. L'état de vigilance et la posture peuvent être altérés, des réflexes ralentis. La température rectale est normale ou inférieure aux valeurs usuelles.

La relation entre pH urinaire et les paramètres acido-basiques sanguins du groupe sont présentés dans la figure 55. Les nuages de points et les coefficients de détermination proches de 0 ne suggèrent aucune relation entre le pH urinaire et les différents paramètres acido-basiques sanguins au sein de ce groupe.

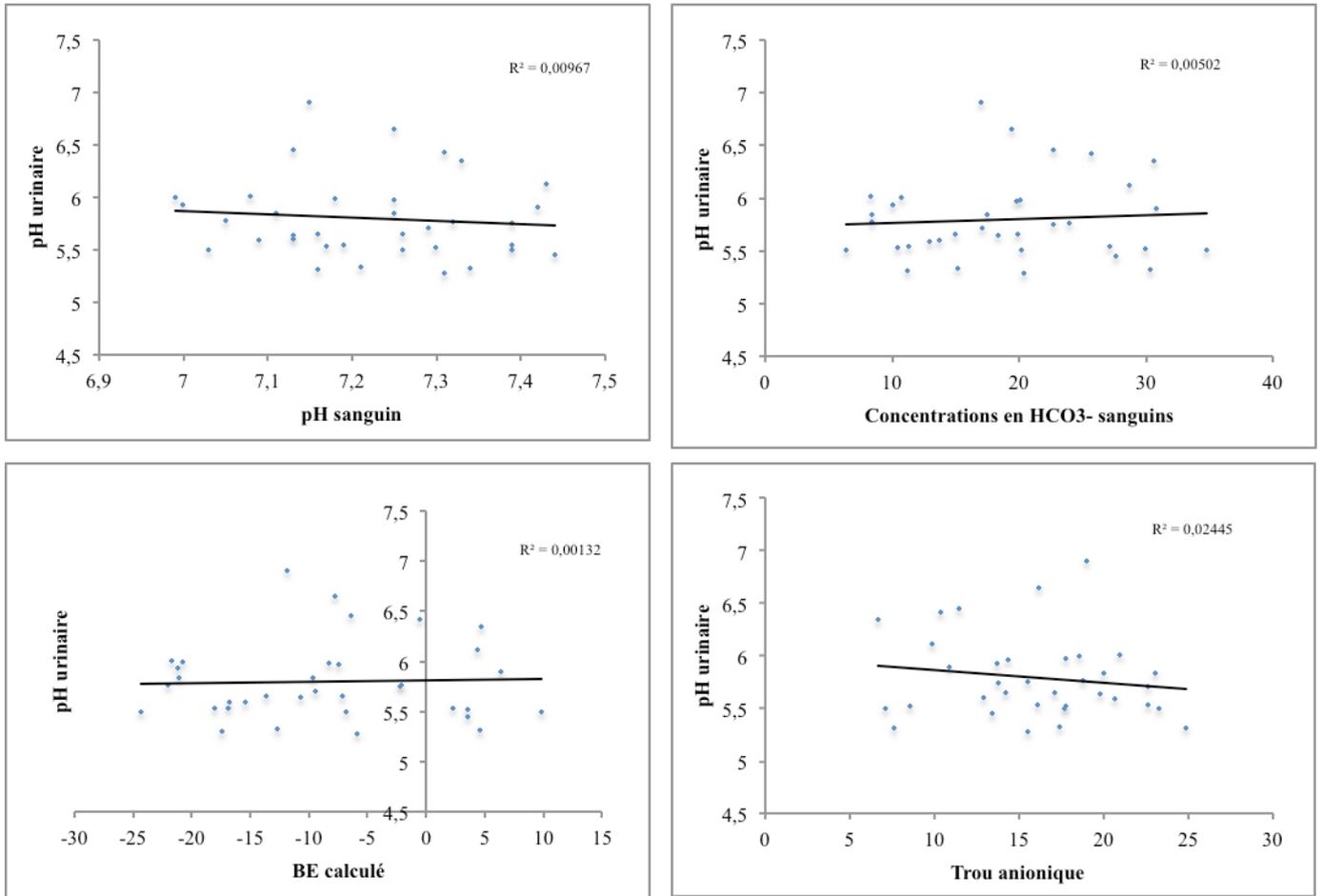


Figure 55 : Relation entre le pH urinaire et les paramètres acido-basiques sanguins (pH, HCO_3^- , excès de base, trou anionique) de 35 veaux atteints du syndrome « diarrhée à moins de 5 jours d'âge ».

iii. Syndrome « diarrhée du veau de plus de 5 jours par maldigestion / malabsorption / »

Le syndrome « diarrhée du veau de plus de 5 jours par maldigestion / malabsorption » regroupe 96 veaux. Ce syndrome est défini par une déshydratation, des fèces crémeuses à très liquides. L'état de vigilance et la posture sont souvent modifiés, comme le réflexe palpébral et de succion.

La figure 56 illustre la relation entre le pH urinaire et les paramètres acido-basiques sanguins. Entre le pH urinaire et le pH sanguin ou le trou anionique aucune relation n'est suggérée par le nuage de points et par les coefficients de détermination proches de 0.

Une relation entre le pH urinaire et l'EB ou la concentration sanguine en HCO_3^- est suggérée par les nuages de points et des coefficients de détermination de 0,11. Toutefois, cette relation apparaît comme très faible.

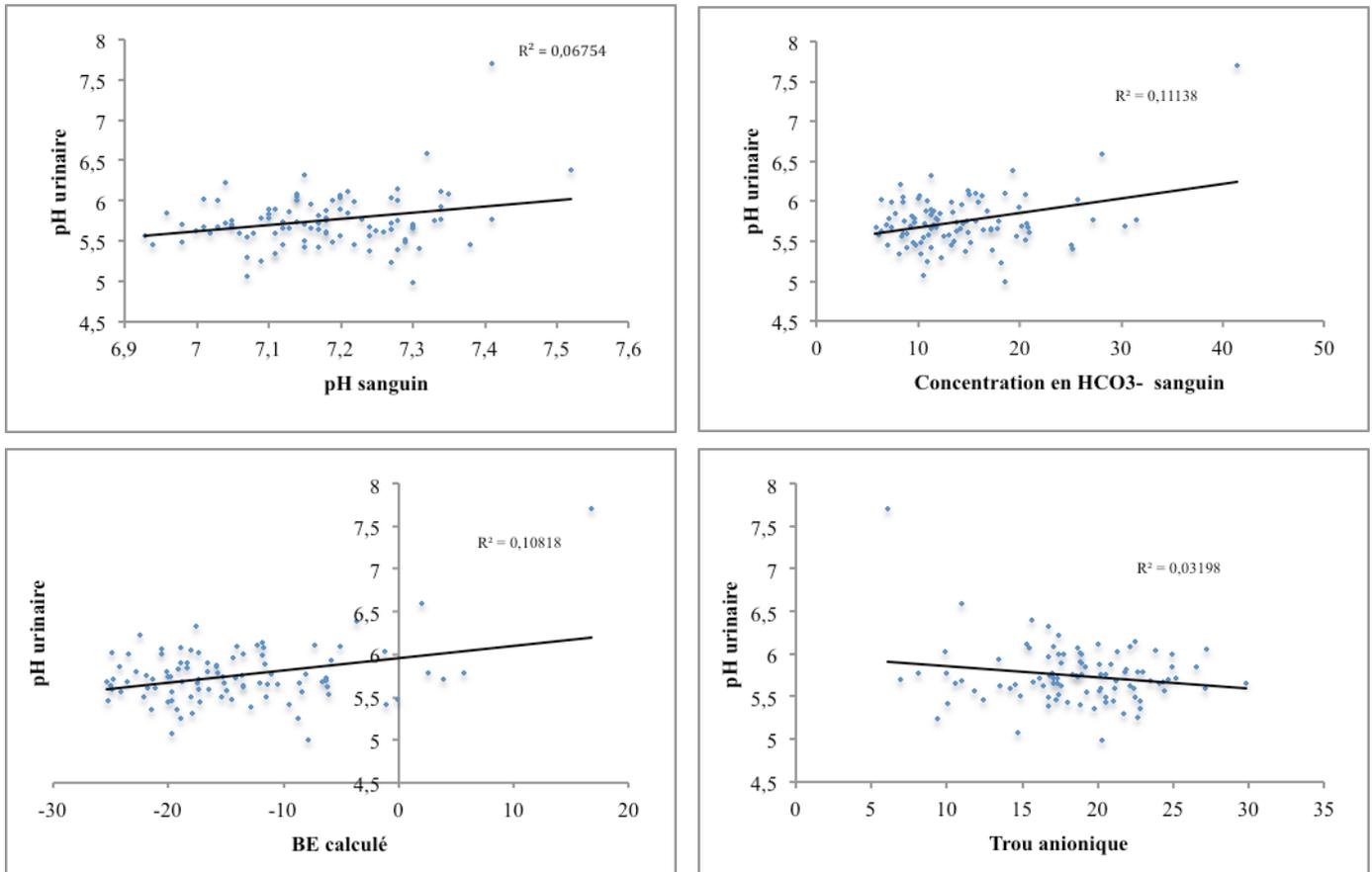


Figure 56 : Relation entre le pH urinaire et les paramètres acido-basiques sanguins (pH, HCO_3^- , excès de base, trou anionique) de 96 veaux atteints du syndrome « diarrhée de veaux de plus de 5 jours par maldigestion/malabsorption ».

iv. Syndrome « Gastro-entérite paralysante »

Le syndrome de la gastro-entérite paralysante (GEP), regroupe 26 veaux. Ce syndrome inclut des veaux âgés de 7 à 21 jours, sans déshydratation clinique, sans diarrhée (fèces pâteuses à crémeuses), dont la température rectale n'est pas altérée, les réflexes palpébral et de succion sont ralentis à absents, l'état de vigilance est altéré. Ces veaux titubent ou sont en décubitus sternal à latéral.

La relation entre le pH urinaire et les paramètres acido-basiques sanguins des veaux atteints de GEP est présentée dans la figure 57. Les nuages de points ainsi que les coefficients de détermination ne suggèrent aucune corrélation.

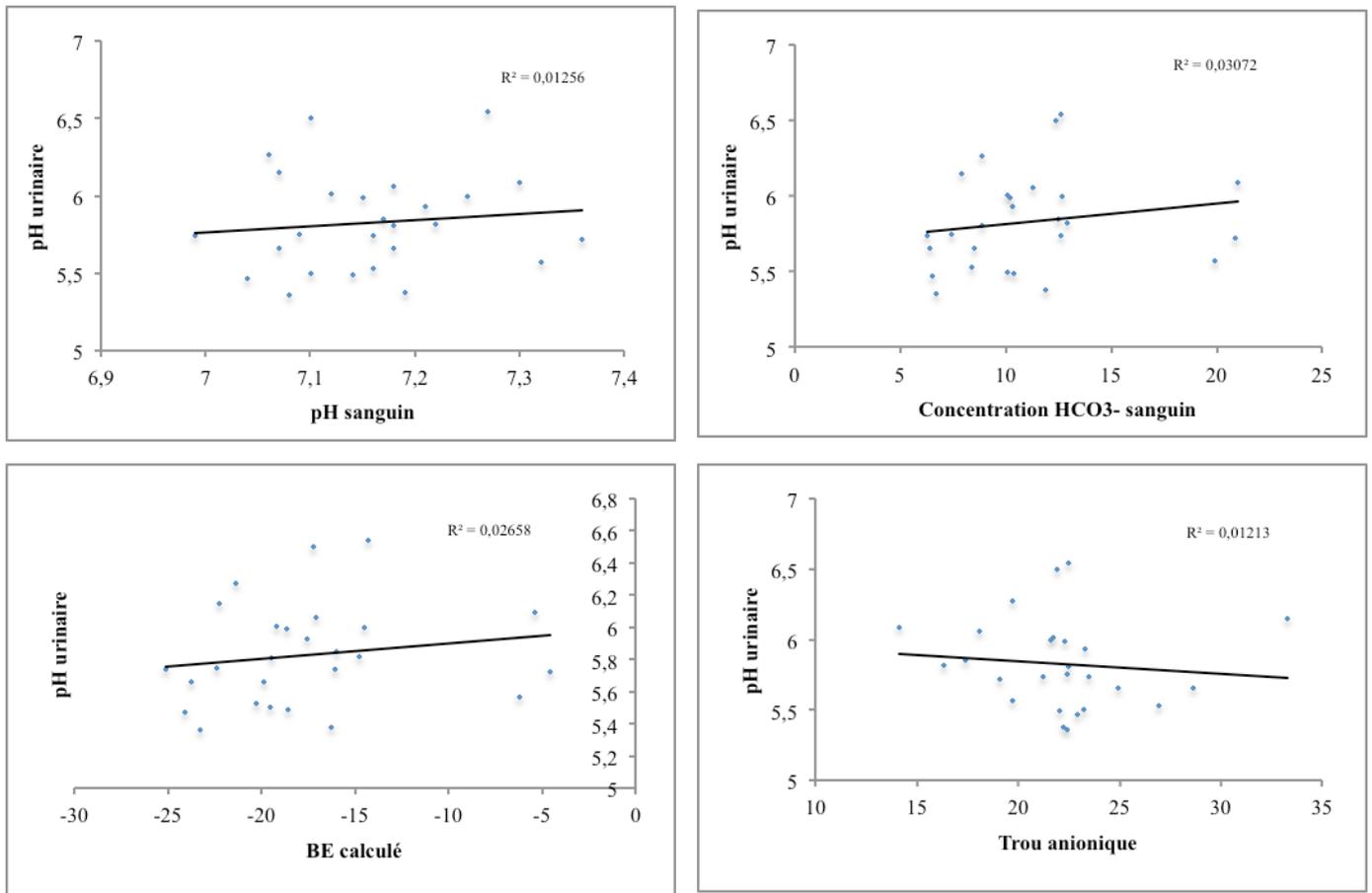


Figure 57 : Relation entre le pH urinaire et les paramètres acido-basiques sanguins (pH, HCO_3^- , excès de base, trou anionique) de 26 veaux atteints du syndrome « gastro-entérite paralysante ».

v. Autres syndromes

Le groupe « autres syndromes » est constitué de 26 veaux. Diverses affections sont possibles : accident, occlusion, fausse déglutition, omphalite, péritonite, pneumonie, thrombose, veau « qui ne démarre pas ». La relation entre le pH urinaire et les paramètres acido-basiques sanguins est présentée dans la figure 58. Le pH urinaire diminue lorsque le pH sanguin, la concentration en HCO_3^- sanguin ou l'EB diminuent, et que le trou anionique augmente. Les coefficients de détermination sont compris entre 0,4 et 0,6 et apparaissent comme nettement plus élevés que pour les régressions des autres groupes ou syndromes.

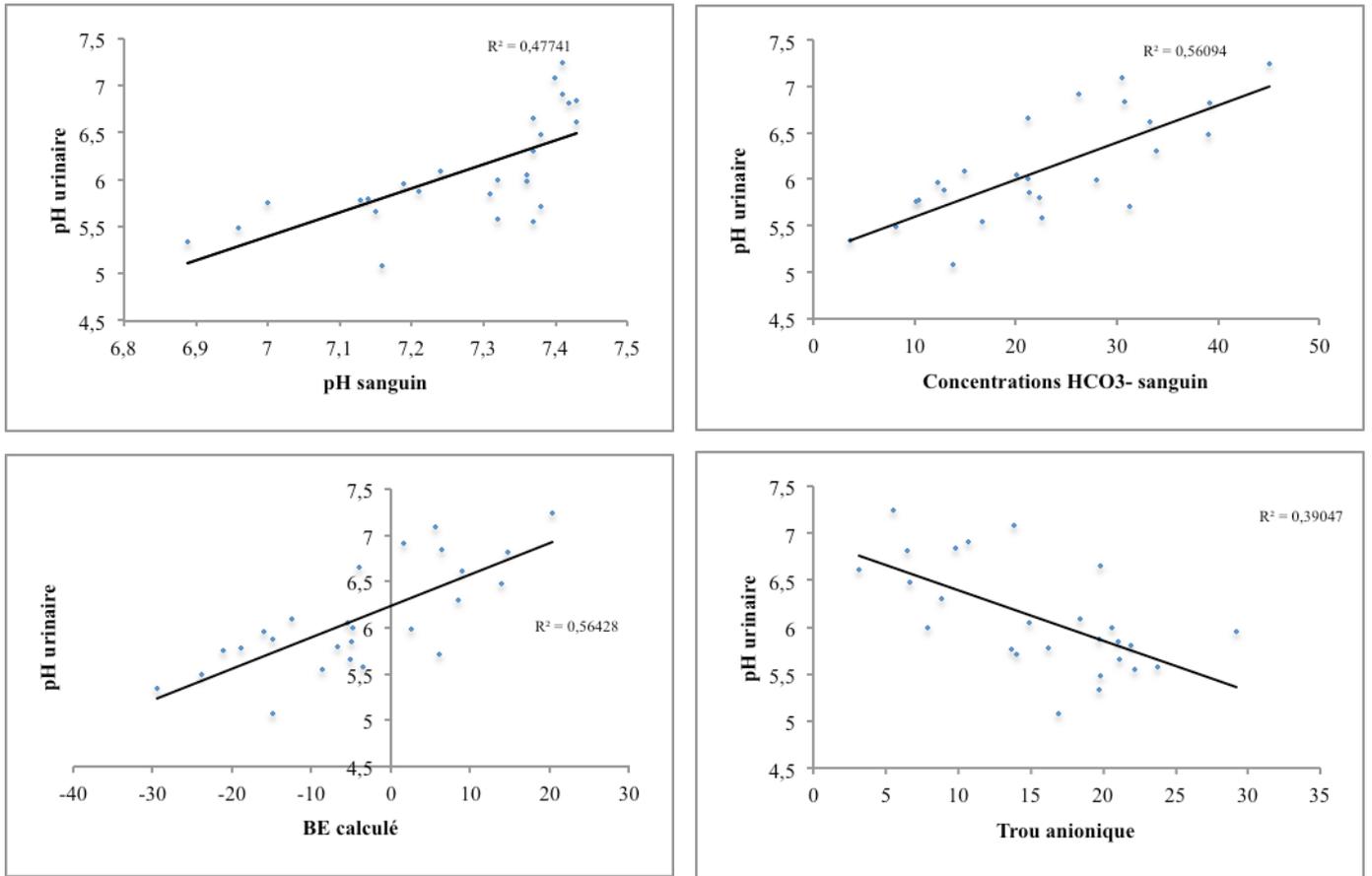


Figure 58 : Relation entre le pH urinaire et les paramètres acido-basiques sanguin (pH, HCO₃⁻, excès de base, trou anionique) de 26 veaux atteints d'affections diverses.

IV. DISCUSSION

La discussion de cette étude s'articule autour de deux axes

- Le matériel et méthodes
- Les résultats

1. Matériels et méthodes

i. Les investigateurs

Six investigateurs différents ont participé à l'étude pour le recueil de l'anamnèse et des commémoratifs, l'examen clinique, le diagnostic, et la mise en place du traitement. Ces six investigateurs étaient tous vétérinaires, mais avec une expérience professionnelle très différente. Certains étaient diplômés récemment, d'autres praticiens depuis des dizaines d'années.

Les effectifs de veaux examinés par investigateur sont présentés dans le tableau 14. Pour 1,5% (3/193) des animaux, le clinicien n'est pas renseigné. Aussi, 24,5% (47/193) des veaux ont été examinés par l'investigateur A, 9% (17/193) par B, 4,5% (9/193) par C, 30% (58/193) par D, 23% (44/193) par E, et 7,5% (15/193) par F.

Tableau 14 : Nombre de veaux examinés par investigateur.

Investigateur	Effectif		
	2014	2015	Total
A	25	22	47
B	10	7	17
C	0	9	9
D	25	33	58
E	17	27	44
F	7	8	15

Le nombre d'investigateurs et leur expérience ont probablement induit une certaine diversité des réponses pour les critères cliniques subjectifs tels que la persistance du pli de peau, la vitesse du réflexe palpébral ou de succion. Cette diversité contribue à la dispersion des résultats, De plus, cet

effet investigateur peut être responsable, par dérive des pratiques au cours du temps, d'un défaut de répétabilité sur les deux années d'étude et ainsi contribuer à la dispersion des résultats cliniques.

De plus, le rythme de travail est très intense en hiver, avec un temps restreint accordé à chaque veau hospitalisé. La rapidité des actes peut donc compromettre la rigueur de l'examen clinique et engendrer manque de précision ou défaut d'enregistrement. Ainsi 29,5% (81/274) des veaux initialement retenus ont-ils été exclus de l'étude en raison de données manquantes à l'examen clinique et biochimique. Quatre veaux dont le sexe n'est pas connu, et trois veaux pour lesquels l'investigateur n'est pas renseigné, ont été maintenus dans l'étude.

ii. Les animaux

Les veaux étudiés sont tous de la même race (charolaise), issus d'un même bassin de production (élevage allaitant charolais), ce qui assure une relative homogénéité des conditions générales d'élevage, et âgés pour 99% (191/193) d'entre eux de moins de 3 semaines (avec comme âge médian 8 jours, âge moyen 8,65 jours, âge Q1 5 jours et âge Q3 10 jours).

Ces veaux, peuvent être considérés comme assez représentatifs des animaux examinés en consultation par les vétérinaires de la zone.

L'effectif retenu in fine, de 193 veaux sur deux saisons consécutives de mises bas, est du même ordre de grandeur que d'autres études récentes ((Lorenz *et al.* 2010), (Trefz *et al.* 2012a), (Trefz *et al.* 2012b) .

Le nombre et la proportion 78%, (83/106) d'animaux n'ayant pas reçu de traitement réhydratant préalable, en particulier par voie orale, s'expliquent par la valeur individuelle élevée des animaux, et par la structure vétérinaire qui fut pionnière en France dans la pratique d'hospitalisation des veaux, la réalisation d'examens biochimiques sanguins, et la mise en œuvre de fluidothérapie adaptée.

Le déséquilibre observé en matière de sexe des veaux retenus (64.4% étaient des mâles) par rapport à la population générale ou par rapport à des populations d'études différentes ou dominant souvent les femelles, peut s'expliquer par différents facteurs, probablement combinés :

- un biais de recrutement initial, en lien avec une grande valeur des animaux mâles dans les systèmes allaitants, ce qui justifie des investigations / traitement optimaux et donc une consultation vétérinaire;

- un biais de recrutement lié au protocole, en lien avec une plus grande facilité pour obtenir de l'urine (*infra*) chez les mâles par comparaison aux femelles; cette hypothèse ne peut être vérifiée en l'absence d'enregistrement des échecs de recueil d'urine mais ne semble pas dominante ;
- une plus grande sensibilité des mâles aux affections et maladies néonatales par comparaison aux femelles, souvent observée dans les études de prévalence des maladies et de la mortalité.

Des critères larges d'inclusion et l'absence de critères cliniques d'exclusion, se justifient par les objectifs affichés.

iii. L'examen clinique

L'examen clinique comporte des critères objectifs, et subjectifs, pour lesquels une variabilité dans les réponses est possible, pour un même investigateur (défaut de répétabilité) et entre investigateurs (défaut de reproductibilité).

Afin d'estimer la déshydratation, 3 critères ont été enregistrés :

- la « synthèse déshydratation », que l'on peut considérer dans le cas présent comme un critère quasi-subjectif car déterminé par le clinicien de manière synthétique, et même si ce critère s'inspire de différents signes cliniques dont certains « objectifs » (tableau 15),
- la persistance du pli de peau, critère normalement objectif car évalué en secondes,
- profondeur de l'énophtalmie, critère normalement objectif car évalué en millimètres.

Toutefois le classement entre critère objectif et subjectif n'est pas étanche. Par exemple, les résultats de la persistance du pli de peau ont été difficiles à exploiter, puisque certains sont notés avec un chiffre entier, et d'autres quantifiés de façon approximative, en utilisant « supérieur à » ou « largement supérieur à ».

Le pourcentage de déshydratation a pu être relié à l'énophtalmie par la formule suivante (Trefz *et al.* 2012a) :

$$\% \text{ déshydratation} = 1.91 \times (\text{énophtalmie en mm}) - 0.49$$

Dans notre étude, les résultats obtenus pour les 3 critères enregistrés («synthèse déshydratation», profondeur de l'énophtalmie et persistance du pli de peau) sont partiellement incohérents (figure 59).

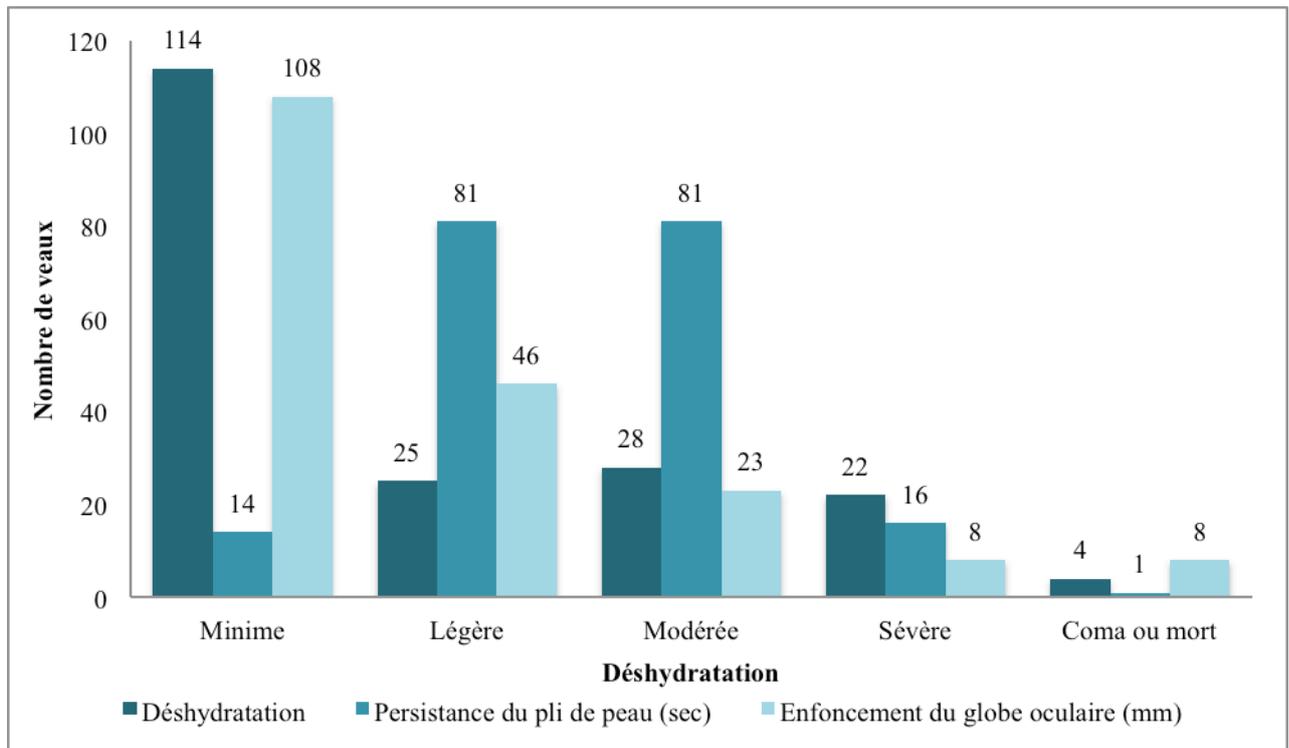


Figure 59 : Effectifs des veaux selon la classe de déshydratation déterminée selon les différents critères et la méthode utilisée.

Ainsi par exemple, dans la classe définie comme déshydratation minime selon le tableau 15 (Smith 2009), 114 veaux ont été inclus sur le critère « synthèse déshydratation » (<5%), 14 sur le critère persistance du pli de peau (< 1 sec), et 108 sur le critère énophtalmie (< 2 mm). Pour estimer le critère « synthèse déshydratation », l'importance relative accordée à l'enfoncement du globe ou de la persistance du pli de peau dépend certainement du clinicien. Dans cette classe, les investigateurs semblent (i) associer très fortement leur évaluation synthétique de la déshydratation et l'énophtalmie, et (ii) peu tenir compte de la persistance du pli de peau. Une explication alternative serait une liaison médiocre entre l'énophtalmie et la moindre élasticité cutanée due à la perte d'eau (Constable *et al.* 1998).

Les classes de déshydratation telles que définies dans le tableau 15, semblent mieux différenciées sur la base de l'énophtalmie que sur la base de la persistance du pli de peau ou du critère « synthèse déshydratation ».

Tableau 15 : Classes d'intensité de la déshydratation en fonction de différents signes cliniques (Schelcher 2008)

Déshydratation					
	Minime	Légère	Modérée	Sévère	Coma ou mort
Perte d'eau (% poids vif)	< 5	6 à 8	8 à 10	10 à 12	> 12
Enfoncement du globe oculaire (énophtalmie) (en mm)	0	2 à 4	4 à 6	6 - 8	8 -12
Persistance du pli de peau (en sec)	< 1	1 à 2	2 à 5	> 5	> 10
Température des extrémités (oreilles et membres)	normale	+/- froide	froide	froide	froide
Caractéristiques de la bouche	humide et chaude	+/- sèche et chaude	sèche et froide	sèche et froide	sèche et froide
Réflexe de succion	présent	présent mais diminué	fortement diminué à absent	absent	absent

(Smith 2009)

D'autres signes cliniques tels que le réflexe palpébral ou de succion sont investigateur-dépendants et leur évaluation comporte une part importante de subjectivité malgré les efforts pour standardiser les observations et leur enregistrement.

iv. Les prélèvements et leur conditionnement

L'urine a été prélevée après miction spontanée ou après miction stimulée par massage du prépuce ou de la vulve. Un nettoyage au savon et un rinçage à l'eau claire de l'extrémité du fourreau et de la vulve ont été réalisés systématiquement avant la collecte d'urine afin d'éviter un possible impact des souillures cutanées et muqueuses notamment par des matières fécales. Des résidus de savon ne peuvent être totalement exclus et modifier les résultats d'analyse du pH.

La collecte d'urine n'a pas pu être réalisée sur certains veaux, qui de ce fait n'ont pas été inclus dans l'étude. L'absence d'enregistrement de ces échecs ne permet pas d'évaluer leur proportion. De plus ces échecs modifient probablement la population d'étude, en particulier en réduisant l'inclusion d'animaux très fortement déshydratés, car avec une moindre production d'urine et sans doute un moindre succès dans sa collecte.

Lors d'échec à la collecte d'urine, la cysto-centèse trans-abdominale n'a pas été essayée.

Tous les échantillons biologiques sanguins et urinaires ont été analysés dans les temps imposés par le protocole initial.

v. Les analyses

Les analyses sanguines ont été mise en œuvre selon les recommandations de IDEXX, en respectant les contrôles qualité de l'analyseur, les modalités de conservation et les dates limites d'utilisation des plaquettes de réactifs, prescrits par le laboratoire fournisseur⁶.

Le pH urinaire a été évalué selon 3 modalités (pH-mètre HI 8424 HANNA, bandelette McolorpHast™ de MERCK, bandelette urinaire Urivet-100® de KITVIA).

Afin d'assurer la justesse des mesures du pH-mètre HI 8424 HANNA, l'étalonnage de l'appareil a été réalisé à la fréquence de 3 à 4 fois par semaine, selon les modalités et en utilisant les solutions tampons prescrites par le constructeur⁷. De plus la répartition des résultats de pH urinaire obtenus au cours du temps (figure 19) n'a pas permis de mettre en évidence une dérive temporelle des valeurs, ce qui est compatible avec une probable fidélité de l'appareil de mesure.

Les bandelettes McolorpHast™ et Urivet-100® ont été utilisées et conservées selon les prescriptions du fabricant.

vi. Le traitement des données

Les données brutes recueillies initialement par les investigateurs ont été uniformisées avant leur saisie dans un tableur Excel.

Par exemple, dans le protocole, la consistance des fèces est standardisée sous les termes suivants : aqueux, liquide, crémeux, pâteux, mucoïde, normal. Certains termes enregistrés par les investigateurs (par exemple « soufflé au fromage ») ont été transformés afin de ne pas augmenter

⁶ Notice d'utilisation du VetStat : <https://www.idexx.com/resource-library/smallanimal/vetstat-operators-guide-en.pdf>

⁷ Notice d'utilisation du pH-mètre HI 8424 HANNA : https://www.conatex.com/media/manuals/BAFR/BAFR_1124020.pdf

les données manquantes et ainsi de réduire les effectifs par groupe. Certaines de ces « traductions » peuvent être inappropriées.

Toutefois ce travail de traduction ou transformation initiale de l'observation en terme standardisé et uniformisé est inhérent à toute étude clinique, et reflète l'aspect nécessairement réducteur d'un protocole par rapport à la diversité et à la richesse des cas cliniques naturels.

La classification en groupes syndromiques a été réalisée selon des décisions arbitraires, basées sur la définition d'un ensemble de caractéristiques dont certaines peuvent paraître contestables. Par exemple, certains veaux avec des fèces aqueuses, avaient été diagnostiqués par l'investigateur comme des « Gastro-Entérites Paralysantes ». Or, dans ce syndrome défini au sens strict, les fèces ne sont pas diarrhéiques, ce qui a conduit à placer les veaux correspondants dans un autre syndrome. Ces définitions pourraient être revues mais ce travail dépasse le cadre de cette étude.

Par ailleurs la complexité des situations cliniques s'avère parfois peu cohérente avec la recherche de simplification, et avec la définition de classes. Cette complexité des cas cliniques observés en conditions de terrain s'explique en raison de :

- leur diversité naturelle qui conduit parfois à un fort éloignement des prototypes,
- la coexistence pour un même individu d'entités morbides différentes,
- leur évolution au cours du temps.

2. Résultats

i. Syndromes cliniques

La formulation de syndrome clinique a conduit à la création de différents groupes, dont les proportions varient comme suit :

- Veaux atteints d'anoxie ou de septicémie : 10/193 soit 5%,
- Veaux de moins de 5j atteints de diarrhée : 35/193 soit 18%,
- Veaux de plus de 5j atteints de diarrhée par maldigestion malabsorption : 96/193 soit 50%,
- Veaux atteints de GEP : 26/193 soit 13,5%,
- Veaux autres : 26/193 soit 13,5%.

La pertinence de l'inclusion dans les analyses statistiques des groupes « anoxie/septicémie » et « autres » est discutable, puisque la majorité des animaux inclus n'est pas en acidose (respectivement 10% et 38%). Les relations ont été étudiées en excluant ces 36 veaux. Les conclusions statistiques sont similaires : on peut relier l'altération de certains signes cliniques comme la posture, la vigilance, le réflexe palpébral à la variation de l'EB, du TA ou de la concentration en HCO_3^- . En revanche, on constate que le groupe autres créait la tendance pour la relation entre le pH urinaire et les analytes sanguins puisqu'aucune relation ne perdure.

Les analyses statistiques auraient pu être basées sur un classement différent :

- la présence ou non de diarrhée, peu importe l'âge :

- présence d'une diarrhée : (fèces liquides, aqueuses, mucoïdes, crémeuses) 158/193 soit 82%
- pas de diarrhée (fèces pâteuses et normales) : 35/193 soit 18%.

Les effectifs dans chaque groupe n'étaient pas équilibrés.

- la présence d'une diarrhée (fèces liquides, aqueuses, crémeuses, mucoïdes) avec ou sans déshydratation, donc 158 veaux.

- diarrhée avec déshydratation (% synthétique > 0%) : 119 veaux soit 75 %
- diarrhée sans déshydratation (% synthétique = 0%) : 39 veaux soit 25%

Les affections de type GEP n'étaient pas prises en compte, alors qu'il a été démontré que la relation entre les signes cliniques et l'EB était marquée dans ce syndrome (Schelcher *et al.* 1998), (Lorenz *et al.* 2014).

- la présence d'une diarrhée (fèces liquides, aqueuses, crémeuses, mucoïdes) en fonction de l'âge des veaux (moins de 7 jours et supérieur ou égal à 7 jours), comme la publication de Trefz (Trefz *et al.* 2012b) :

- veaux de moins de 7 jours atteints de diarrhée : 52/158 veaux soit 34%,
- veaux âgés de 7 jours ou plus atteints de diarrhée : 106/158 veaux soit 67%.

Dans l'étude précédemment citée, 26,5% (32/121) des veaux étaient âgés de moins de 7 jours et 73,5% (89/121) des veaux, de plus de 7 jours. Notre étude respecte approximativement ces proportions. Ce découpage est intéressant car il est démontré que les veaux de plus de 7 jours ont un déficit de bases plus important que les veaux de moins de 7 jours, avec une altération de la vigilance et de la posture pourtant semblable (Trefz *et al.* 2012b), (Naylor 1987).

ii. Signes cliniques

Dans notre étude, la température rectale est normale pour 62,5% (121/193). 10,5% (20/193) sont en hyperthermie ($>$ ou égale $39,5^{\circ}\text{C}$), et 27% (52/193) sont en hypothermie ($<38^{\circ}\text{C}$). Naylor définit l'hypothermie par une température rectale $< 38,5^{\circ}\text{C}$ (Naylor 1989). 65% de son effectif est en hypothermie. Si on prend la même valeur, 41% (80/193) des veaux de notre étude ont une température inférieure à $38,5^{\circ}\text{C}$. La différence vient peut-être du fait que la clinique vétérinaire du Donjon est pionnière en matière d'hospitalisation des veaux malades, les éleveurs sont donc habitués à hospitaliser leurs animaux aux premiers signes de maladie. Dans la plupart des publications, la température rectale n'est pas un signe clinique associé à la modification du statut acido-basique. La chaleur de la cavité buccale, des extrémités, ou encore des oreilles semble plus utilisée (Kasari *et al.* 1986) (Bellino *et al.* 2012). La température rectale est en revanche utilisée dans d'autres études afin de déterminer la nécessité ou non d'une antibiothérapie, ou dans le choix du soluté à administrer (Trefz *et al.* 2012a).

Presque 60% (114/193) des veaux ont été définis comme non déshydratés par les investigateurs, si l'on s'appuie sur le critère synthétique « pourcentage de déshydratation ». En revanche, d'après les critères objectifs d'évaluation de la déshydratation (énophtalmie et persistance du pli de peau, (Smith *et al.* 2009)), les proportions entre déshydratés et non déshydratés différaient. Les différences révélaient que les praticiens semblaient accorder plus d'importance au critère « énophtalmie » qu'au critère « persistance du pli de peau » dans l'évaluation de la déshydratation. Un autre classement, plus proche de l'évaluation du praticien, est proposé, en regroupant les effectifs selon ce modèle :

- Niveau de déshydratation 0 : Pourcentage synthétique $< 5\%$, énophtalmie < 2 mm, et persistance du pli de peau < 2 sec.

- Niveau 1 : pourcentage synthétique compris entre 5 et 8%, enophtalmie 2 à 4 mm, persistance du pli de peau 2 à 5 sec.
- Niveau 2 : pourcentage synthétique > 8%, énophtalmie > 4 mm, persistance du pli de peau > 5 sec.

La cohérence de ce nouveau classement est présentée dans la figure 60.

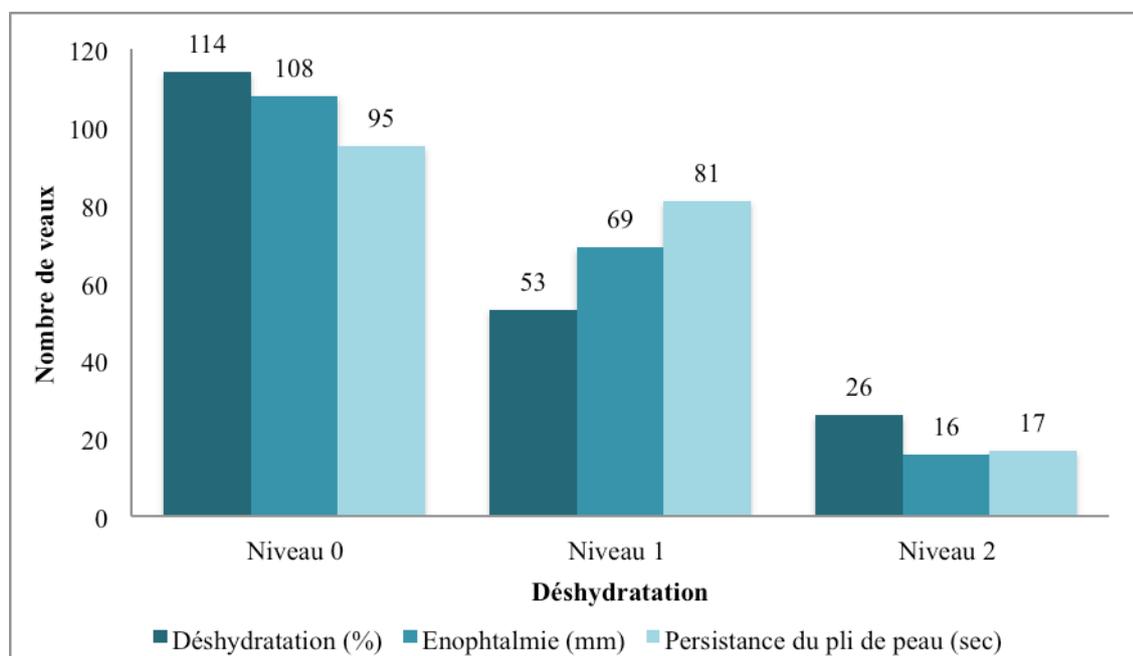


Figure 60 : Effectifs des veaux selon la classe de déshydratation déterminée selon trois niveaux.

La cohérence entre le critère synthétique « pourcentage de déshydratation » et les critères objectifs est supérieure dans ce nouveau classement.

Sur le terrain, la persistance du pli de peau est sous-interprétée : jusqu'à 5 secondes, elle est interprétée comme critère d'une déshydratation légère, alors qu'elle montre, selon Smith, une déshydratation modérée.

La posture et l'état de vigilance sont notés selon 4 niveaux précisément définis. 60% des veaux se tenaient encore debout, contre 40% couchés (9% avec une note posture égale à 3, et 31% avec une note égale à 4) (tableau 16). Dans une étude de Naylor (Naylor 1989), la majorité des veaux avait une note égale à 3, et ne se tenait pas debout. Dans une étude de Trefz, (Trefz *et al.* 2012a), 90% des veaux se tenaient debout, corrigeant ou non leur position. Aussi, dans l'étude préalablement citée, 55% des veaux avaient un score de vigilance égal à 1, 34% avaient un score de vigilance égal à 2, 12,3% un score égal à 3 et 3% avaient un score égal à 4.

Ces différences de proportions sont probablement du à l'échantillonnage.

Tableau 16 : Résultats des scores de posture et de vigilance en nombre et en pourcentage.

Score	Posture		Vigilance	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
1	68	35%	47	24,5%
2	48	25%	92	47,5%
3	17	9%	47	24,5%
4	60	31%	7	3,5%

Le RS est présent pour 30,5% (59/193) des veaux, ralenti pour 34% (66/193) et absent pour 35% (68/193). C'est un réflexe facile à évaluer, et très utilisé par les cliniciens. Il est corrélé à l'acidémie, mais pas à la concentration en D-lactate (Naylor *et al.* 2006).

Le RP est présent pour 78% (152/193) des veaux de l'échantillon, lent pour 20% (39/193) et absent pour seulement 0,1% (2/193) (figure 8). Ces résultats sont surprenants, au vu des études qui montrent que ce réflexe est très sensible à l'acidose, principalement lorsqu'elle est due à l'accumulation de D-Lactate (Lorenz *et al.* 2005). C'est en effet un bon marqueur de l'hyper-D-lactatémie (Trefz *et al.* 2012). Cette hyper-D-lactatémie est surtout rencontré chez les veaux atteints de diarrhée par MDMA, ou de GEP. Dans notre étude, de nombreux veaux appartiennent à ces catégories. Or le pourcentage de RP altéré est faible. On peut l'expliquer par la difficulté d'évaluation de ce critère. Peut-être aurait-on pu ajouter, en plus de la vitesse de fermetures des paupières, la qualité de cette fermeture : complète, incomplète, nulle. Aussi, le dosage des D-lactates aurait pu être intéressant pour comparer nos résultats à ceux d'autres études.

iii. Troubles acido-basiques sanguins

L'équilibre acido-basique peut être évalué de deux manières (Constable 2014) :

- L'équation d'Henderson-Hasselbalch part du postulat suivant : le pH sanguin est dépendant du système respiratoire ($p\text{CO}_2$) et du métabolisme (HCO_3^- ou EB). Elle a facilité la compréhension de la physiologie acido-basique des mammifères et est utilisée en routine dans le traitement des déséquilibres acido-basiques.

Elle a défini 4 types de désordres : l'acidose respiratoire, l'acidose métabolique, l'alcalose respiratoire et l'alcalose métabolique. Au moins 3 anomalies cliniquement importantes ont été identifiées lors de l'application de l'équation d'H-H : elle n'explique pas, entre autre, qu'une concentration anormale en protéines modifie le pH sanguin, et qu'une solution de NaCl 0,9% par exemple est acidifiante.

- En comparaison, la théorie des ions forts se base sur la dépendance du pH sanguin vis à vis du système respiratoire ($p\text{CO}_2$), et du métabolisme, évalué par la différence des ions forts (différence de charges entre les cations forts et les anions forts), et la concentration en tampons non volatils « Atot » (albumine, globulines, phosphates inorganiques) dans le sang. Elle est applicable lorsque les protéines totales (PT) sont dosées. Cette théorie permet de comprendre la cause du désordre acido-basique, et un meilleur moyen de mettre en place une fluidothérapie adaptée. Elle ne s'applique que lorsque les PT sont anormales.

Constable recommande une méthode de diagnostic des déséquilibres acido-basiques chez les veaux atteints de DNN (Constable 2014) :

1) Test de routine par mesure du $t\text{CO}_2$:

	Métabolique (non respiratoire)
Acidose	↓ $t\text{CO}_2$
Alcalose	↑ $t\text{CO}_2$

2) Si la concentration en protéines totales est normale, appliquer l'équation d'H-H, en mesurant 5 paramètres (pH, Na, K, Cl, $p\text{CO}_2$) et en calculant la concentration en HCO_3^- , l'EB le TA. L'augmentation du TA prouve la présence d'anions non mesurés : acidose métabolique.

	Respiratoire	Métabolique
	pCO ₂ anormale	EB ou HCO ₃ ⁻ anormaux
Acidose	↑ pCO ₂	↓ pH et ↓ EB ou HCO ₃ ⁻
Alcalose	↓ pCO ₂	↑ pH et ↑ EB ou HCO ₃ ⁻

3) Si la concentration en protéines est anormale, appliquer la théorie simplifiée des ions forts en mesurant 6 paramètres : pH, pCO₂, Na, K, Cl, PT, et en calculant le SIG pour savoir si des ions forts non mesurés sont présents.

	Respiratoire	Métabolique	
	pCO ₂ anormale	SID anormal	Atot anormal
Acidose	↑ pCO ₂	↓ SID	↑ PT
Alcalose	↓ pCO ₂	↑ SID	↓ PT

Dans notre étude, les PT n'ont pas été mesurées. L'origine de l'acidose est donc renseignée par les différents analytes sanguins dosés : le pH, la pCO₂, le tCO₂, la concentration en HCO₃⁻ sanguin, l'EB et le TA. Seule l'équation d'Henderson-Hasselbalch est utilisable pour déterminer l'origine de l'acidose, comme l'explique le 2).

Lorsque la pCO₂ est augmentée, l'acidose est d'origine respiratoire, par mauvaise évacuation du dioxyde de carbone par les poumons.

Lorsque le pH sanguin diminue concomitamment à la diminution de l'EB et du tCO₂, l'acidose est dite métabolique. En revanche, l'augmentation du TA signe la présence d'une acidose métabolique par accumulations d'anions non mesurés, notamment les acides fixes (lactates...). Les résultats sont présentés dans le tableau 16.

Tableau 17 : Nombre et pourcentage des veaux en fonction de l'origine de l'acidose.

Origine de l'acidose	Analyses modifiées	Nombre	Pourcentage
Acidose respiratoire	↑ pCO ₂ , ↓ pH, EB normal	6	3%
Acidose mixte	↑ pCO ₂ , ↓ pH, ↓ EB et ↑ TA	33	17%
Acidose métabolique	pCO ₂ normale ↓ pH et ↓ EB ou HCO ₃ ⁻	126	65,3%
Alcalose	↑ pH sanguin	1	0,5%

iv. Troubles électrolytiques sanguins

Dans notre étude, une hypernatrémie (Na plasmatique > 152 mmol/L) a été mise en évidence sur 2,6% (5/193) des veaux, alors que l'hyponatrémie concerne 22,3% des veaux. On retrouve des proportions du même ordre de grandeur dans une étude récente (Gomez *et al.* 2013). L'hypernatrémie est parfois iatrogène, et s'explique par l'administration orale de réhydratants composés de substances tampons. Or, les veaux hypernatrémiques font tous les 5 partis du groupe de syndrome « autre ». Ils ne sont donc pas atteints de diarrhée, et n'ont pas reçu de réhydratation préalable. Sur les cinq, un seul est en acidose (pH sanguin $< 7,35$). Pourtant, 4/5 présentent une altération de la posture, tous présentent une modification de la vigilance, concomitamment à une température rectale normale, une déshydratation faible ou modérée, et une kaliémie normale. Trois veaux ont une natrémie comprise entre 153 et 157 mmol/L. Elle ne suffit pas à expliquer les symptômes. En revanche, un veau dont la posture est très altérée (score=4) a une natrémie supérieur à 160 mmol/L : elle pourrait donc être clinique.

Les dyskaliémies (hypo- ou hyperkaliémie) ont été détectées sur 29 % (56/193) des veaux.

Une hyperkaliémie (K plasmatique $> 5,9$ mmol/L) a été mise en évidence sur 19 % (37/193) des veaux dont la quasi-totalité (36/37) était déshydratée. Une étude récente (Trefz *et al.* 2015) montre que l'hyperkaliémie est un des désordres ioniques majeurs des veaux atteints de DNN, avec 28,1% (234/800) de l'effectif de cette étude concernés, ce qui est supérieur à nos pourcentages (19%). 94,5% (35/37) des veaux sont en acidose (pH sanguin $< 7,35$). Pourtant, l'hyperkaliémie est très liée à l'urémie et à l'hyperphosphatémie, et n'est que très faiblement corrélée au pH sanguin ou à l'EB. Elle s'expliquerait donc surtout par la déshydratation, qui, par réduction du débit de filtration glomérulaire, diminuerait l'excrétion rénale du potassium, plutôt que par un mécanisme compensateur de l'acidose, quelle qu'en soit l'origine, qui conduirait à la sortie d'ions K^+ intracellulaires par échange avec les ions H^+ extracellulaires (Trefz *et al.* 2017). En support de cette explication, les acidoses sévères non accompagnés de déshydratation clinique mais avec une hyper D-lactatémie marquée, comme par exemple lors de syndrome GEP, ne s'accompagnent pas d'hyperkaliémie (Trefz *et al.* 2013). Pourtant, dans notre étude, 81% (30/37) des veaux en hyperkaliémie ont un TA augmenté (>15 mmol/L). Mais seulement un veau est atteint de GEP et est donc non déshydraté. Cela confirme le lien entre hyperkaliémie et déshydratation, comme démontré par l'étude de Trefz (Trefz *et al.* 2013).

Le rythme cardiaque normal d'un veau est compris entre 100 et 120 battements par minute (Radostits *et al.* 2007). 38 % (14/37) des veaux hyperkaliémiques sont en tachycardie, et 32,4% (12/37) sont en bradycardie (<100 bpm), 16,2% (6/37) ont un rythme cardiaque < 85 bpm. Ces proportions sont supérieures à certaines études (Trefz *et al.* 2013). L'hyperkaliémie engendre des modifications de l'électrocardiogramme (inversion et disparition de l'onde P, augmentation de l'amplitude de l'onde T, accroissement de l'intervalle des complexes QRS avec des pauses, (Trefz *and al.* 2017)).

Lorsqu'elle est marquée (> 7 mmol/L), elle peut conduire à une brady-arythmie. Seulement deux veaux présentent une arythmie, sans diminution du rapport Na/K, contrairement aux démonstrations de Trefz (Trefz *et al.* 2013). Cette différence peut provenir du faible nombre d'observations d'arythmie dans notre étude, probablement sous évaluée à cause d'une auscultation cardiaque souvent rapide pendant l'examen clinique. Dans notre étude, 43% (16/37) des veaux hyperkaliémiques ont une natrémie < 132 mmol/L, concomitamment à une acidémie (pH sanguin < 7,35). Pourtant, d'après Trefz, l'acidémie chez les veaux en hyperkaliémie est associée à de l'hyponatrémie (Trefz *et al.* 2013).

L'impact de l'hyperkaliémie et de la diminution du rapport natrémie / kaliémie est majeur sur le rythme cardiaque (Trefz *et al.* 2013). L'hyponatrémie concomitante à une arythmie induite par l'hyperkaliémie peut être un facteur aggravant : l'interrelation entre les concentrations de Na et K est d'une certaine utilité thérapeutique, puisque la dépression de la vitesse de conduction cardiaque induite par le K peut être inversée lorsque les cellules sont exposées à des concentrations élevées de Na. La restauration rapide d'une kaliémie et d'un rapport natrémie / kaliémie normaux est décisive pour le succès thérapeutique.

Aussi, 27 % (10/37) des veaux en hyperkaliémie sont âgés de moins de 7 jours, alors que 73% sont âgés de plus de 7 jours. Leur posture et leur vigilance varient comme suit (tableau 17).

Tableau 18 : Effectif et pourcentage des veaux en hyperkaliémie en fonction de leur posture et de leur vigilance.

		Score			
		1	2	3	4
Posture	Pourcentage	35	22	8	35
	Effectif	13	8	3	13
Vigilance	Pourcentage	16	54	22	8
	Effectif	6	20	8	3

On ne peut pas imputer les altérations posturales et de vigilance à l'hyperkaliémie, les effectifs sont trop dispersés. D'après Trefz, elle pourrait causer un décubitus / station debout difficile avec réflexe palpébral normal. Toutefois la sensibilité de ces signes cliniques est faible à moyenne (Trefz *et al.* 2013).

L'hyperkaliémie, malgré son possible impact direct négatif, semble un mauvais critère du statut global de l'organisme en potassium (déplétion globale en lien avec les pertes diarrhéiques).

Une hypokaliémie (K plasmatique < 3,9 mmol/L) a été mise en évidence sur 10 % (19/193) des veaux. Seulement 16% (3/19) de ces veaux sont cliniquement déshydratés. Pourtant, 95% (18/19) ont une posture altérée, et 84% (16/19) ont une vigilance altérée. 79% (15/19) sont fortement acidémiques, avec un pH sanguin < 7,2, et un EB < -15 mmol/L. Les troubles de la posture et de la vigilance ne peuvent donc pas n'être imputés qu'à l'hypokaliémie, d'autant que 42% (8/19) sont en hypokaliémie sub-clinique (K compris entre 3,5 et 3,9). L'hypokaliémie (< 3.9 mmol /L) chez le veau diarrhéique est rare (moins de 10% des cas) avant traitement (Trefz, Lorch, *et al* 2015). Cela confirme les proportions de notre étude. Les facteurs contributifs sont la durée prolongée de la diarrhée et une alimentation lactée insuffisante, qui favorisent la déplétion des réserves cellulaires en potassium. La perfusion de solutés alcalinisant conduit assez fréquemment à une hypokaliémie légère à modérée.

v. Comparaison des méthodes d'évaluation du pH urinaire

Dans notre étude, le coefficient de détermination de la relation entre les mesures de pH urinaire prises au pH-mètre et les mesures issues de la lecture de la bandelette McolorpHast™ est bon : $R^2 = 0,78$, sans ramener la mesure du pH-mètre à l'unité la plus proche. Cela signifie que 78% de la variance des mesures prises à la bandelette sont expliquées par la corrélation. La bandelette MERCK est donc un outil fiable dans la mesure du pH urinaire. En revanche, le R^2 reliant les mesures prises à la bandelette McolorpHast™ et à la bandelette Urivet-100® est de 0,24, ce qui signifie que seulement 24% de la variance des données sont expliqués par la corrélation. La bandelette Urivet-100 n'est pas un outil fiable de mesure du pH urinaire. Ceci est confirmé par un R^2 de 0,33 entre les mesures prises avec le pH-mètre et celles prises avec la bandelette Urivet-100. Ces résultats concordent avec une étude sur la précision de la plage pH des bandelettes urinaires chez le chien (Kwong *et al.* 2013), qui montre qu'une mesure sur 4 sous-estimait de 0,5 à 1 unité le pH urinaire du patient.

L'outil le plus précis est le pH-mètre correctement étalonné. L'évaluation du pH avec un pH-mètre paraît peu compatible avec une utilisation en ferme, au chevet de l'animal. En milieu hospitalier, son usage peut toutefois être recommandé mais nécessite un étalonnage régulier et une quantité d'urine plus importante que pour une bandelette. La bandelette McolorpHast™ semble être un bon compromis entre pratique d'utilisation et exactitude ; elle utilise une échelle colorimétrique, mais la graduation est plus précise : à 0,3 près.

vi. Relation entre les paramètres acido-basiques sanguins et les signes cliniques

Les paramètres acido-basiques sanguins comme le pH, la concentration en HCO_3^- , l'excès de bases et le trou anionique sont liés à différents signes cliniques (tableau 18).

L'altération de la posture et de l'état de vigilance est liée aux variations de pH sanguin, de concentration en HCO_3^- , de l'EB et du TA. Ces résultats sont en accord avec plusieurs publications (Lorenz, *et al.* 2010), (Trefz *et al.* 2012), (Bellino *et al.* 2012). L'acidémie, par perte de bicarbonates ou par accumulation d'acides (augmentation du TA), altère donc la posture et la vigilance des veaux. Il a été montré que la corrélation entre l'EB et la posture est d'autant plus forte que la concentration en D-Lactate plasmatique est élevée (Trefz *et al.* 2012). La mesure de la concentration sanguine en D-Lactate aurait pu affiner les corrélations de notre étude.

Tableau 19 : Relations entre les principaux signes cliniques et les paramètres acido-basiques.

	pH sanguin	HCO₃⁻	Excès de Bases	Trou anionique
Température rectale	+	-	+	-
% déshydratation	+	-	-	-
Posture	+	+	+	+
Vigilance	+	+	+	+
Réflexe palpébral	+	-	+	-
Réflexe de succion	-	+	+	-

Un score clinique composite peut être obtenu par addition de notes attribuées à différents symptômes en fonction de leur intensité (tableau 20) (Kasari *et al.* 1986). Il n'a pas été réalisé dans notre étude.

Il existe une forte liaison entre ce score clinique et l'EB, ou la concentration en HCO₃⁻ sanguin, (Naylor 1989), (Nakagawa *et al.* 2007).

Tableau 20 : Examen clinique et note attribuée aux symptômes afin d'évaluer l'acidose métabolique chez le veau nouveau-né (Kasari *et al.* 1986).

Symptôme	Méthode d'évaluation	Score	Interprétation
Énophtalmie	Visuelle	1	Faible séparation bord orbital - globe oculaire
		2	Séparation marquée bord orbital - globe oculaire
Réflexe de succion	Doigt(s) dans la bouche	0	Réflexe puissant et organisé
		1	Réflexe faible mais coordonné
		2	Mâchonnement désorganisé
		3	Absence
Réflexe de clignement à la menace	Mouvement rapide de la main devant l'œil	0	Réflexe puissant et instantané
		1	Réflexe faible et retardé
		2	Absent
Réflexe panniculaire	Pincement manuel de la peau en zone lombaire	0	Frémissement de la peau avec mouvement de tête vers les flancs
		1	Frémissement de la peau sans mouvement de tête
		2	Pas de frémissement ni de mouvement de tête
Posture	Poussée sur l'arrière main	0	Posture debout tenue sans aide
		2	Posture debout non tenue sans aide
Sensation de température de la muqueuse buccale	Doigts en contact avec les muqueuses du palais mou ou dur	0	chaude
		1	fraîche
		2	froide
Sensation de température des extrémités des membres	Palpation de la peau des pâturons	0	chaude
		1	fraîche
		2	froide

Ce score synthétique a été proposé pour estimer le déficit de bases, ensuite utilisable pour calculer la quantité de bicarbonates à apporter par fluidothérapie (tableau 21).

Tableau 21 : Déficit de bases des veaux atteints de DNN en fonction de l'âge et du score total de l'examen clinique (Kasari, Naylor 1986).

Note totale	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Déficit de bases veau < 8j	8	9	10	11	12	13	14	16	17	19	21	24	26	28
Déficit de bases veau > 8j	13	14	15	16	17	19	21	22	24	26	27	29	31	33

Une démarche simplifiée a été proposée par Trefz en 2012. Elle relie directement la posture, la vigilance et le réflexe palpébral au déficit de bases (tableau 22).

Tableau 22 : Estimation du déficit de bases en fonction de différents signes cliniques (Trefz et al. 2012)

Excès de base en mmol/L	Posture	Vigilance	Réflexe palpébral
>0	Station debout stable, sans aide	Réactivité normale aux stimuli auditifs, visuels et douloureux	Fermeture des paupières immédiate et complète
-7 à -10	Station debout instable mais corrige sa posture		Fermeture des paupières immédiate mais incomplète
-15		Réactions ralenties aux stimuli auditifs et visuels	
-20	Station debout instable et incapable de corriger sa posture ou décubitus sternal	Réaction seulement aux stimuli douloureux	Fermeture des paupières ralentie et incomplète
-25	Décubitus latéral	Absence de réaction aux stimuli douloureux	Absence de fermeture des paupières

vii. Relation entre le pH urinaire et les paramètres acido-basiques sanguins

Comme le montre les régressions linéaires réalisées, le pH urinaire des 193 veaux est faiblement corrélé au pH sanguin, à la concentration en HCO_3^- , à l'EB, et au trou anionique, avec des coefficients de détermination compris entre 0,1 et 0,2. Lors de stratification par syndrome, le pH urinaire est faiblement lié ($R^2 = 0,1$ ou $< 0,1$) à la concentration en HCO_3^- sanguin et à l'EB pour le groupe des veaux de plus de 5 jours atteints de diarrhée, comme pour le groupe des veaux de plus de 5 jours atteints de diarrhée et le groupe GEP. En revanche, pour les veaux atteints d'affections diverses, les coefficients de détermination sont compris entre 0,39 et 0,57 pour le pH, la concentration en HCO_3^- sanguin, et l'EB.

Pourtant, l'acidémie causée par les DNN devrait déclencher des mécanismes compensatoires rénaux par augmentation de l'excrétion de H^+ dans les urines lorsque ceux-ci s'accumulent dans le sang. Or, l'hypovolémie et l'acidémie modifient le fonctionnement rénal, en diminuant l'excrétion des ions H^+ (Navetat *et al.* 2007). Chez les veaux atteints de diarrhée, et donc déshydratés, le dysfonctionnement éventuel du rein diminuerait l'excrétion des H^+ , ce qui expliquerait que leur quantité dans l'urine ne suit pas celle du sang, et que le système compensatoire est défaillant.

Une étude portant sur la relation entre le BE et le pH urinaire a obtenu des coefficients de régression significatifs entre ces deux paramètres, suggérant une corrélation marquée entre acidose et diminution de l'EB et diminution du pH urinaire (Lubetskaya *et al.* 1999). Mais on peut déplorer dans cette étude le manque de précision sur la méthode de détermination du pH urinaire utilisée, le délai de réalisation des gaz du sang (jusqu'à 3h après le prélèvement), la non connaissance du statut d'hydratation des veaux, ainsi que le manque d'explication quant à l'évaluation de la sévérité de la diarrhée. Enfin, l'effectif n'est que de 57 veaux.

Les régressions linéaires de notre étude ne sont pas significatives ; il serait préférable d'établir des arbres décisionnels incluant le pH urinaire afin d'estimer son impact par rapport aux autres symptômes.

CONCLUSION

La correction de l'acidémie chez les veaux atteints de DNN est primordiale, et semble au moins aussi importante que la correction de la déshydratation. L'adaptation de la fluidothérapie doit passer par des outils simples, et réalisables sur le terrain. L'examen clinique est à la base de tout diagnostic et s'avère très utile dans l'estimation du degré d'acidose. Notre étude confirme les conclusions de nombreux articles sur l'existence d'une corrélation entre les signes cliniques, notamment la posture, la vigilance ou le réflexe palpébral et le déficit de bases. Cependant, il est difficile d'en tirer des conclusions directement utilisables par les cliniciens. Pour améliorer l'exploitation pratique des résultats, le recours à des arbres décisionnels est souhaitable, avec, comme objectif, la connaissance des symptômes les plus discriminants, et ceux de moindre importance dans l'évaluation du déficit de bases.

Mais le but de cette expérimentation était d'étudier l'intérêt du pH urinaire dans la prédiction des troubles acido-basiques du veau nouveau-né atteint de DNN. Or, elle ne corrobore pas la relation entre le pH urinaire et le déficit de bases établie par Lubetskaya (Lubetskaya *et al.* 1999). Aussi, malgré des résultats théoriques statistiques négatifs quant à l'existence d'une relation entre le déficit de bases ou l'acidose et le pH urinaire, il serait intéressant de comparer deux protocoles de fluidothérapie, pour un groupe, basé sur le pH urinaire, et pour un autre groupe, sur les paramètres sanguins, avec évaluation des réajustements biologiques et de l'efficacité clinique sur des critères pertinents et discriminants (durée de convalescence, taux et « état » de guérison ...).

Annexe 1 : Fiche d'enregistrement utilisé par les vétérinaires pour chaque veau hospitalisé.



Fiche Hospitalisation Date : 21/1/15 Heure : 9h00

Éleveur : Louvent Tringe Vétro : OD

N° Veau : 5364. Âge : 15 jrs Poids : 50 (M) / F

ENV212

Motif : ne se lève plus Début : Ce matin

Traitement :
Elevéur/Vétro

Antibio: <input checked="" type="checkbox"/>	Réhydratant: <input checked="" type="checkbox"/>	Perf: <input checked="" type="checkbox"/>	Adjuvant: <input checked="" type="checkbox"/>
--	--	---	---

Analyses :

Sang: Glycémie : 110 pH : (pHmètre)

Urine: pH : 5.08 (pHmètre) pH : 5.0 (Bandelette Merk)

Nitrite : Leucocytes : pH : 5 Protéinurie :

Cétonurie : Bilirubinurie : Peroxydase : Glucosurie :

Collecte: Miction spontanée : Miction stimulée : Cystocentèse :

Souillures sang : Souillures feces :

Pronostic :

Bon Moyen Sombre Désespéré

Motif du Pronostic :

Traitement :

- Lodevil (L) :
- CarbiCarb (500 ml) :
- Soluté Mixte 0.45-2.5 (L) :
- Soluté Mixte 0.9/5 (L) :
- Tamidrex (500ml) :
- Osmotan(L) :
- Bicarbonate 1.4% (500mL) :
- Chlorure Na 0.9% (L) :
- Glucose 5% (L) :
- Energidex (mL) :
- Spécial 2411 (500 mL) :
- Chlorure Na 10% (250 mL)
- Chlorure Na 7.5% (500 mL) :

Début perf: Fin:

Antibiotiques:
IN 4
SV 2
Fortium 20

Anti-inflammatoire:
Finadipon 2 / Nekrocain 2ml

Adjuvants, Réhydratants :
Brodyl 10
Pectolite 4.5L
Régulon 100 ml

Facturation :

CI IC Analyse Glycémie GN SG Analyse suivante

Examen Clinique

Temp : Déshydratation :

Autre :

Articulations :

Nombril :

*peut
maigre*

Posture et Locomotion :

- Tient debout seul, se relève après stimulation, corrige la position si poussé :
- Tient debout seul, se relève après stimulation ou aide, ne corrige pas la position si poussé :
- Tient debout après aide, ne corrige pas la position si poussé, se couche rapidement :
- Ne peut tenir debout sans aide permanente :

Etat de vigilance (stimuli auditifs, tactils, visuels) :

- Alerte (réponse immédiate aux différents stimuli) :
- Dépression légère (réponse légèrement différée aux différents stimuli) :
- Dépression marquée (réponse très différée aux différents stimuli) :
- Coma (absence de réponse aux différents stimuli) :

Enfoncement du globe oculaire (distance globe/conjonctive palpébrale) mm

Persistance du pli de peau (face latérale de l'encolure) secondes

Réflexe de succion

Présent
Lent
Absent

Réflexe palpébral

Présent
Lent
Absent

Muqueuse (couleur oeil/bouche)

Rosée (normale)
Congestion
Cyanose
Pâleur/blancheur

Coeur :

Fréquence cardiaque : bts/mn
Arythmie : oui non

Respiration :

Fréquence respiratoire : mvts/mn
Dyspnée : oui non

Feces :

Couleur : Consistance : Sang : oui non

Diagnostic

Anoxie Malabsorption Diarrhée
Septicémie Maldigestion «Coccidiose»
Colibacillose GEP Autre

Analyses de laboratoire

Sortie

Date : Heure : Vivant Euthanasie Mort naturelle

BIBLIOGRAPHIE

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. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2012. Vol. 240, n° 3, pp. 312–316.

BLEUL, U., FASSBIND, N., GHIEMMETTI, G., ZOLLER, D., LIESEGANG, A., HÄSSIG, M., WITTENBRINK, M.M. et PROHASKA, S., 2013. Quantitative Analysis of Fecal Flora in Goat Kids with and without Floppy Kid Syndrome. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2013. Vol. 27, n° 5, pp. 1283-1286.

CONSTABLE, Peter D., WALKER, Pamela G., MORIN, Dawn E. et FOREMAN, Jonathan H., 1998. Clinical and laboratory assessment of hydration status of neonatal calves with diarrhea. *J Am Vet Med Assoc*. 1998.

CONSTABLE, Peter D., GELFERT, Carl-Christian, FÜRLL, Manfred, STAUFENBIEL, Rudolf et STÄMPFLI, Henry R., 2009. Application of strong ion difference theory to urine and the relationship between urine pH and net acid excretion in cattle. *American journal of veterinary research*. 2009. Vol. 70, n° 7, pp. 915–925.

CONSTABLE, Peter D., STÄMPFLI, Henry R., NAVETAT, Hérve, BERCHTOLD, Joachim et SCHELCHER, François, 2005. Use of a quantitative strong ion approach to determine the mechanism for acid—base abnormalities in sick calves with or without diarrhea. *Journal of veterinary internal medicine*. 2005. Vol. 19, n° 4, pp. 581–589.

CONSTABLE, Peter D., 2014. Acid-Base Assessment. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2014. Vol. 30, n° 2, pp. 295-316.

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

GOMEZ, D.E., LOFSTEDT, J., STÄMPFLI, H.R., WICHTEL, M., MUIRHEAD, T. et MCCLURE, J.T., 2013. Contribution of Unmeasured Anions to Acid-Base Disorders and its Association with Altered Demeanor in 264 Calves with Neonatal Diarrhea. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2013. Vol. 27, n° 6, pp. 1604-1612.

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. *Canadian Journal of Veterinary Research*. 1986. Vol. 50, n° 4, pp. 502.

KWONG, Tsong, ROBINSON, Caroline, SPENCER, Deborah, WISEMAN, Oliver J. et KARET FRANKL, Fiona E., 2013. Accuracy of urine pH testing in a regional metabolic renal clinic: is the dipstick accurate enough? *Urolithiasis*. 2013. Vol. 41, n° 2, pp. 129-132.

LORENZ, I., GENTILE, A. et KLEE, W., 2005. Investigations of D-lactate metabolism and the clinical signs of D-lactataemia in calves. *The Veterinary Record*. 2005. Vol. 156, n° 13, pp. 412.

LORENZ, Ingrid et GENTILE, Arcangelo, 2014. d-Lactic Acidosis in Neonatal Ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2014. Vol. 30, n° 2, pp. 317-331.

LORENZ, Ingrid et LORCH, A., 2010. Clinical signs and degree of acidosis in diarrhoeic calves—revisited. In : *Proceedings of the XXVI. World Buiatrics Congress: 14–18 2010; Santiago*. 2010. pp. 242–243.

LUBETSKAYA, Tatiana et MELNICHUK, D., 1999. Urine pH as an index for calculating the amount of bicarbonate for treatment of acidotic calves. *Journal of Animal and Feed Science*. 1999. Vol. 8, pp. 247–254.

NAKAGAWA, Mitsuhide, SUZUKI, Kazuyuki et TAGUCHI, Kiyoshi, 2007. Relationship between depression score and acid-base status in Japanese black calves with diarrhea. *Journal of veterinary medical science*. 2007. Vol. 69, n° 5, pp. 549–552.

NAVETAT, Herve, RIZET, Claude, MEYUS, André, FOUCRAS, Gilles et SCHELCHER, François, 2007. Rehydration of calves: Presentation of an expert system. *Bulletin de l'Academie Veterinaire de France*. 2007. Vol. 160, n° 4, pp. 325.

NAYLOR, Jonathan M., 1987. Severity and Nature of Acidosis in Diarrheic Calves Over and Under One Week of Age. *The Canadian Veterinary Journal*. 1987. Vol. 28, n° 4, pp. 168-173.

NAYLOR, Jonathan M., 1989. A retrospective study of the relationship between clinical signs and severity of acidosis in diarrheic calves. *The Canadian Veterinary Journal*. 1989. Vol. 30, n° 7, pp. 577.

NAYLOR, Jonathan M., ZELLO, Gordon A. et ABEYSEKARA, Saman, 2006. Advances in oral and intravenous fluid therapy of calves with gastrointestinal disease. *WORLD*. 2006. Vol. 6, pp. 7.

RADOSTITS, Otto M., GAY, Clive C., HINCHCLIFF, Kenneth W. et CONSTABLE, Peter D., 2007. *Veterinary Medicine : A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats, 10th Edition*. Philadelphia : WB Saunders company.

SCHELCHER, F., MARCILLAUD, S et BRAUN, J.-P., 1998. Metabolic acidosis without dehydration and no or minimal diarrhoea in suckler calves is caused by hyper D-lactatemia. *Proc XX World Buiatrics Congress* 371–374. 1998.

SCHELCHER, François, CHASTANT, Sylvie, MAILLARD, Renaud, GOURREAU, Jean-Marie et NICOL, Jean-Marie, 2012. *Guide pratique des maladies des bovins*. France Agricole Editions.

SMITH, Geof W. et BERCHTOLD, Joachim, 2014. Fluid Therapy in Calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2014. Vol. 30, n° 2, pp. 409-427.

SMITH, Geof W., 2009. Treatment of Calf Diarrhea: Oral Fluid Therapy. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2009. Vol. 25, n° 1, pp. 55-72.

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. *BMC Veterinary Research*. 2012. Vol. 8, n° 1, pp. 238.

TREFZ, Florian M., LORCH, Annette, FEIST, Melanie, SAUTER-LOUIS, Carola et LORENZ, Ingrid, 2013. The prevalence and clinical relevance of hyperkalaemia in calves with neonatal diarrhoea. *The Veterinary Journal*. 2013. Vol. 195, n° 3, pp. 350-356.

TREFZ, F.M., CONSTABLE, P.D. et LORENZ, I., 2015. Quantitative Physicochemical Analysis of Acid-Base Balance and Clinical Utility of Anion Gap and Strong Ion Gap in 806 Neonatal Calves with Diarrhea. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2015. Vol. 29, n° 2, pp. 678-687.

TREFZ, Florian M., CONSTABLE, P.D. et LORENZ, I., 2017. Effect of Intravenous Small-Volume Hypertonic Sodium Bicarbonate, Sodium Chloride, and Glucose Solutions in Decreasing Plasma Potassium Concentration in Hyperkalemic Neonatal Calves with Diarrhea. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2017. Vol. 31, n° 3, pp. 907-921.

TREFZ, Florian 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. *Journal of Dairy Science*. 2013. Vol. 96, n° 11, pp. 7234-7244.

TREFZ, Florian M., LORCH, A., FEIST, M., SAUTER-LOUIS, C. et LORENZ, I., 2012. Metabolic Acidosis in Neonatal Calf Diarrhea-Clinical Findings and Theoretical Assessment of a Simple Treatment Protocol. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2012. Vol. 26, n° 1, pp. 162-170.

TREFZ, Florian M., LORCH, A., ZITZL, J., KUTSCHKE, A., KNUBBEN-SCHWEIZER, G. et LORENZ, I., 2015. Effects of Alkalinization and Rehydration on Plasma Potassium Concentrations in Neonatal Calves with Diarrhea. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2015. Vol. 29, n° 2, pp. 696-704.

VERMOREL, M., VERNET, J., SAIDO, DARDILLAT, C. et DEMIGNE, C., 1989. Energy metabolism and thermoregulation in the newborn calf; variations during the first day of life and differences between breeds. *Canadian Journal of Animal Science*. 1989. Vol. 69, n° 1, pp. 103–111.

Toulouse, 2017

NOM : PASCAL

PRENOM : Marine

TITRE : INTERETS ET LIMITES DU pH URINAIRE POUR L'EVALUATION DE L'ACIDOSE METABOLIQUE LORS DE DIFFERENTS SYNDROMES DU VEAU NOUVEAU-NE.

RESUME : L'acidose est une composante pathologique majeure des syndromes touchant le veau nouveau-né. Evaluer son intensité et adapter sa prise en charge sur le terrain est un écueil.

L'examen clinique, la biochimie sanguine et urinaire de 193 veaux hospitalisés à la clinique vétérinaire du Donjon entre 2014 et 2015, ont été analysés pour étudier la relation entre les analytes sanguins, les signes cliniques et le pH urinaire lors d'acidose. L'étude révèle :

- que le papier pH McolorpHast™ est l'outil le plus pratique pour mesurer le pH urinaire,
- que l'altération de la posture, de la vigilance, et du réflexe palpébral est liée à la modification du pH sanguin, de l'excès de bases, et du trou anionique. On note aussi un effet âge, sexe, et diagnostic.
- que la variation du pH urinaire n'est pas liée aux signes cliniques ou aux analytes sanguins.

L'étude confirme l'importance des signes cliniques dans l'évaluation de l'acidose du veau nouveau-né sur le terrain, mais réfute l'intérêt du pH urinaire.

MOTS-CLÉS : veau, acidose, pH, urine.

ENGLISH TITLE : INTEREST AND LIMITATIONS OF URINARY pH FOR EVALUATION OF METABOLIC ACIDOSIS IN DIFFERENT SYNDROMES OF NEWBORN CALF

ABSTRACT : Acidosis is a major pathological component of syndromes affecting newborn calf. Evaluating its intensity and adapting its care is an issue. The clinical examination, the blood and urine biochemistry of 193 calves hospitalized at the Donjon veterinary clinic between 2014 and 2015, were analyzed to evaluate the relationship between blood analytes, clinical signs and urinary pH during acidosis. The study reveals :

- that McolorpHast™ pH strip is the most convenient tool for measuring urinary pH,
- the alteration of posture, alertness, and palpebral reflex is related to changes in blood pH, excess bases, and anion gap. There is also an effect age, sex, and diagnosis,
- That the change in urinary pH is not related to clinical signs or biochemical blood parameters.

The study confirms the importance of clinical signs in evaluating newborn calf acidosis in the field, but refutes the interest of urinary pH.

KEYWORDS : calf, acidosis, pH, urine.