

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2022 - Thèse n° 090

**ÉTAT DES LIEUX DE L'UTILISATION DES EXAMENS
COMPLÉMENTAIRES CHEZ LE POULAIN :
ÉTUDE DE TERRAIN A LA CLINÉQUINE
DE 2016 A 2021.**

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 7 novembre 2022
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

PÉRÈS Amélie

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2022 - Thèse n° 090

**ÉTAT DES LIEUX DE L'UTILISATION DES EXAMENS
COMPLÉMENTAIRES CHEZ LE POULAIN :
ÉTUDE DE TERRAIN A LA CLINÉQUINE
DE 2016 A 2021.**

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 7 novembre 2022
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

PÉRÈS Amélie

Liste des enseignants du Campus vétérinaire de Lyon (26-01-2022)

Mme	ABITBOL	Marie	Professeur
M.	ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	Maître de conférences
Mme	ARCANGIOLI	Marie-Anne	Professeur
Mme	AYRAL	Florence	Maître de conférences
Mme	BECKER	Claire	Maître de conférences
Mme	BELLUCO	Sara	Maître de conférences
Mme	BENAMOU-SMITH	Agnès	Maître de conférences
M.	BENOIT	Etienne	Professeur
M.	BERNY	Philippe	Professeur
Mme	BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	Professeur
M.	BOURGOIN	Gilles	Maître de conférences
M.	BRUTO	Maxime	Maître de conférences Stagiaire
M.	BRUYERE	Pierre	Maître de conférences
M.	BUFF	Samuel	Professeur
M.	BURONFOSSE	Thierry	Professeur
M.	CACHON	Thibaut	Maître de conférences
M.	CADORÉ	Jean-Luc	Professeur
Mme	CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	Professeur
M.	CHABANNE	Luc	Professeur
Mme	CHALVET-MONFRAY	Karine	Professeur
M.	CHAMEL	Gabriel	Maître de conférences
M.	CHETOT	Thomas	Maître de conférences Stagiaire
Mme	DE BOYER DES ROCHES	Alice	Maître de conférences
Mme	DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	Professeur
Mme	DJELOUADJI	Zorée	Professeur
Mme	ESCRIOU	Catherine	Maître de conférences
M.	FRIKHA	Mohamed-Ridha	Maître de conférences
M.	GALIA	Wessam	Maître de conférences
M.	GILLET	Benoit	AERC
Mme	GILOT-FROMONT	Emmanuelle	Professeur
M.	GONTHIER	Alain	Maître de conférences
Mme	GREZEL	Delphine	Maître de conférences
Mme	HUGONNARD	Marine	Maître de conférences
Mme	JOSSON-SCHRAMME	Anne	Chargé d'enseignement contractuel
M.	JUNOT	Stéphane	Professeur
M.	KODJO	Angeli	Professeur
Mme	KRAFFT	Emilie	Maître de conférences
Mme	LAABERKI	Maria-Halima	Maître de conférences
Mme	LAMBERT	Véronique	Maître de conférences
Mme	LE GRAND	Dominique	Professeur
Mme	LEBLOND	Agnès	Professeur
Mme	LEDOUX	Dorothee	Maître de conférences
M.	LEFEBVRE	Sébastien	Maître de conférences
Mme	LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	Maître de conférences
M.	LEGROS	Vincent	Maître de conférences
M.	LEPAGE	Olivier	Professeur
Mme	LOUZIER	Vanessa	Professeur
M.	LURIER	Thibaut	Maître de conférences Stagiaire
M.	MAGNIN	Mathieu	Maître de conférences Stagiaire
M.	MARCHAL	Thierry	Professeur
Mme	MOSCA	Marion	Maître de conférences
M.	MOUNIER	Luc	Professeur
Mme	PEROZ	Carole	Maître de conférences
M.	PIN	Didier	Professeur

Mme PONCE	Frédérique	Professeur
Mme PORTIER	Karine	Professeur
Mme POUZOT-NEVORET	Céline	Maître de conférences
Mme PROUILLAC	Caroline	Professeur
Mme REMY	Denise	Professeur
Mme RENE MARTELLET	Magalie	Maître de conférences
M. ROGER	Thierry	Professeur
M. SAWAYA	Serge	Maître de conférences
M. SCHRAMME	Michael	Professeur
Mme SERGENTET	Delphine	Professeur
M. TORTEREAU	Antonin	Maître de conférences
Mme VICTONI	Tatiana	Maître de conférences
M. VIGUIER	Eric	Professeur
Mme VIRIEUX-WATRELOT	Dorothée	Chargé d'enseignement contractuel
M. ZENNER	Lionel	Professeur

REMERCIEMENTS AUX MEMBRES DU JURY

Au Pr Yves BERTHEZENE,

De l'université Claude Bernard Lyon 1 et de la Faculté de Médecine,
Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse,
Tous mes hommages les plus respectueux.

Au Dr Agnès BENAMOU-SMITH,

De VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon,
Pour m'avoir proposé ce beau sujet de thèse,
Pour votre investissement, votre soutien et vos précieux conseils,
Mes sincères remerciements.

Au Dr Aurélie THOMAS-CANCIAN,

De VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon,
Pour m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury de thèse,
Pour votre disponibilité et votre gentillesse,
Mes sincères remerciements.



TABLE DES MATIERES

TABLE DES ANNEXES	13
TABLE DES FIGURES	15
TABLE DES TABLEAUX	17
LISTE DES ABREVIATIONS	19
INTRODUCTION	21
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DES DIFFERENTS EXAMENS COMPLEMENTAIRES REALISABLES CHEZ LE POULAIN DE MOINS D'UN AN	23
I. ANALYSES SANGUINES	23
A. Réalisation et conservation du prélèvement	23
B. Paramètres hématologiques	24
1. Paramètres de la lignée blanche	24
a. Les polynucléaires neutrophiles	24
b. Les lymphocytes	25
c. Les monocytes	26
d. Les polynucléaires éosinophiles	26
e. Les polynucléaires basophiles	26
2. Paramètres de la lignée rouge	27
3. Les plaquettes	28
C. Paramètres biochimiques	29
1. Les protéines totales	29
a. L'albuminémie	29
b. La globulinémie et le dosage des Immunoglobulines G	30
c. Le fibrinogène plasmatique	30
d. La Serum Amyloid A ou protéine sérique A	30
e. La Protéine C-réactive et l'haptoglobine	31
2. Tests fonctionnels	31
a. La Glycémie	31
b. L'Urémie	32
c. La créatinémie	32
d. La bilirubinémie	33
3. Tests lésionnels	34
a. La Créatine Kinase	34
b. L'Aspartate Aminotransférase	34
c. La Gamma-Glutamyl Transférase	35
d. La Phosphatase alcaline	35
e. Les lactates	35
4. Electrolytes	36
a. La natrémie	36
b. La kaliémie	36
c. La chlorémie	37
d. La calcémie	37
5. Choix des paramètres à évaluer	37

II.	ANALYSES DES AUTRES LIQUIDES BIOLOGIQUES	38
A.	Analyse d'urine	38
B.	Analyse du liquide péritonéal.....	38
C.	Analyse du liquide synovial	38
III.	EXAMENS D'IMAGERIE MEDICALE	39
A.	Radiographie	39
1.	Radiographie thoracique.....	39
2.	Radiographie abdominale.....	41
3.	Radiographie des membres	42
B.	Echographie.....	43
1.	Echographie abdominale	44
a.	Echographie des organes gastro-intestinaux.....	44
b.	Echographie du foie.....	45
c.	Echographie des structures ombilicales.....	46
d.	Echographie de la vessie	47
e.	Echographie des reins	48
f.	Echographie de la rate	48
2.	Echographie thoracique.....	49
3.	Echographie ostéoarticulaire	50
4.	Echographie cardiaque	51
5.	Echographie des veines jugulaires	52
6.	Echographie oculaire.....	53
C.	Scanner	54
D.	Imagerie par Résonance Magnétique	55
ETAT DES LIEUX DE L'UTILISATION DES EXAMENS COMPLEMENTAIRES A LA CLINEQUINE CHEZ LES POULAINS DE MOINS D'UN AN		57
I.	DESCRIPTION DE L'ETUDE	57
A.	Objectifs	57
B.	Echantillon sélectionné.....	57
C.	Plan d'expérience et analyses statistiques envisagées.....	58
II.	RESULTATS	59
A.	Profil de l'échantillon obtenu	59
B.	Utilisation des examens complémentaires à la Clinéquine	61
1.	Utilisation des examens complémentaires selon l'âge.....	63
2.	Utilisation des examens complémentaires selon la catégorie d'affection	67
C.	Description des principales anomalies et lésions visibles	72
1.	Hématologie et biochimie sanguine	72
2.	Imagerie médicale	76
3.	Paramètres influençant les anomalies visibles	81
a.	L'anémie.....	82
b.	Leucocytose et leucopénie.....	84
c.	Neutrophilie et neutropénie	85
d.	La thrombocytose	87
e.	L'hyperprotéïnémie	89

f. L'hypoalbuminémie	90
g. L'augmentation de la SAA	92
h. L'hyperlactatémie	93
i. La hausse des CK	95
j. La hausse des GGT.....	96
k. L'hypermnatrémie et l'hyperchlorémie	98
l. Les opacifications alvéolaire, bronchique et interstitielle en radiographie thoracique	99
m. Les fractures et les déviations angulaires en radiographie du squelette appendiculaire	101
n. Les irrégularités pleurales en échographie thoracique	103
o. L'omphaloartérite, l'omphaloplébite et l'ourachite en échographie ombilicale	105
D. Elaboration de valeurs de référence	108
III. DISCUSSION.....	108
A. Interprétation des résultats.....	108
1. Profil de l'échantillon.....	108
2. Etude de l'utilisation des examens complémentaires.....	109
a. Influence de l'âge	110
b. Influence de la catégorie d'affection	110
3. Etude des anomalies observées lors des examens complémentaires.....	111
a. Hématologie.....	111
b. Biochimie	112
c. Radiographie.....	113
d. Echographie	114
B. Limites.....	115
1. Conception de l'étude.....	115
2. Analyses sanguines	116
3. Régression logistique	117
C. Pour aller plus loin	117
BIBLIOGRAPHIE	121
ANNEXES	127

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Coefficients de la régression logistique pour l'anémie (taux d'hémoglobine)	127
Annexe 2 : Coefficients de la régression logistique pour la leucocytose	127
Annexe 3: Coefficients de la régression logistique pour la leucopénie	127
Annexe 4 : Coefficients de la régression logistique pour la neutrophilie	128
Annexe 5 : Coefficients de la régression logistique pour la neutropénie	128
Annexe 6 : Coefficients de la régression logistique pour la thrombocytose	128
Annexe 7 : Coefficients de la régression logistique pour l'hyperprotéïnémie sans hyperalbuminémie	129
Annexe 8 : Coefficients de la régression logistique pour l'hypoalbuminémie	129
Annexe 9 : Coefficients de la régression logistique pour l'augmentation de la SAA	129
Annexe 10 : Coefficients de la régression logistique pour l'hyperlactatémie	130
Annexe 11 : Coefficients de la régression logistique pour l'augmentation des CK	130
Annexe 12 : Coefficients de la régression logistique pour l'augmentation des CK	130
Annexe 13 : Coefficients de la régression logistique pour l'hypernatrémie	130
Annexe 14 : Coefficients de la régression logistique pour l'hyperchlorémie	131
Annexe 15 : Coefficients de la régression logistique pour l'opacification alvéolaire	131
Annexe 16 : Coefficients de la régression logistique pour l'opacification bronchique	131
Annexe 17 : Coefficients de la régression logistique pour l'opacification interstitielle	131
Annexe 18 : Coefficients de la régression logistique pour les déviations angulaires	132
Annexe 19 : Coefficients de la régression logistique pour les fractures	132
Annexe 20 : Coefficients de la régression logistique pour les irrégularités pleurales	132
Annexe 21 : Coefficients de la régression logistique pour les omphaloartérites, les omphalophlébites et les ourachites	132

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Répartition des poulains ayant consulté la Clinéquine selon leur année de naissance.....	59
Figure 2 : Répartition des poulains selon l'âge à l'admission et le sexe	60
Figure 3 : Utilisation des analyses sanguines selon l'âge du poulain.....	64
Figure 4 : Utilisation de la radiographie selon l'âge du poulain	65
Figure 5 : Utilisation de l'échographie selon l'âge du poulain	66
Figure 6 : Utilisation des analyses sanguines selon les catégories d'affection	68
Figure 7 : Utilisation de la radiographie selon les catégories d'affection	69
Figure 8 : Utilisation de l'échographie selon le type d'affection du poulain	70
Figure 9 : Fréquence des anomalies hématologiques dans l'effectif total.....	74
Figure 10 : Fréquence des anomalies des protéines totales dans l'effectif total.....	75
Figure 11 : Fréquence des anomalies biochimiques dans l'effectif total	75
Figure 12 : Fréquence des anomalies électrolytiques dans l'effectif total	76
Figure 13 : Fréquence de l'anémie selon l'âge.....	83
Figure 14 : Fréquence de l'anémie selon la catégorie d'affection.....	83
Figure 15 : Fréquence des anomalies leucocytaires selon l'âge.....	84
Figure 16 : Fréquence des anomalies leucocytaires selon la catégorie d'affection.....	85
Figure 17 : Fréquence des anomalies des PNN selon l'âge.....	86
Figure 18 : Fréquence des anomalies des PNN selon la catégorie d'affection.....	87
Figure 19 : Fréquence de la thrombocytose selon l'âge	88
Figure 20 : Fréquence de la thrombocytose selon la catégorie d'affection	88
Figure 21 : Fréquence de l'hyperprotéïnémie inflammatoire selon l'âge	89
Figure 22 : Fréquence de l'hyperprotéïnémie inflammatoire selon la catégorie d'affection	90
Figure 23 : Fréquence de l'hypoalbuminémie selon l'âge	91
Figure 24 : Fréquence de l'hypoalbuminémie selon la catégorie d'affection	91
Figure 25 : Fréquence de l'augmentation de la SAA selon l'âge.....	92
Figure 26 : Fréquence de l'augmentation de la SAA selon la catégorie d'affection....	93
Figure 27 : Fréquence de l'hyperlactatémie selon l'âge.....	94
Figure 28 : Fréquence de l'hyperlactatémie selon la catégorie d'affection.....	94
Figure 29 : Fréquence de l'augmentation de l'activité des CK selon l'âge.....	95
Figure 30 : Fréquence de l'augmentation de l'activité des CK selon la catégorie d'affection	96
Figure 31 : Fréquence de l'augmentation GGT selon l'âge	97
Figure 32 : Fréquence de l'augmentation des GGT selon la catégorie d'affection.....	97
Figure 33 : Fréquence des anomalies électrolytiques selon l'âge	98
Figure 34 : Fréquence des anomalies électrolytiques selon la catégorie d'affection ...	99
Figure 35 : Fréquence des anomalies visibles en radiographie thoracique selon l'âge	100
Figure 36 : Fréquence des anomalies visibles en radiographie thoracique selon la catégorie d'affection.....	101

Figure 37 : Fréquence des anomalies visibles en radiographie du squelette appendiculaire selon l'âge	102
Figure 38 : Fréquence des anomalies visibles en radiographie du squelette appendiculaire selon la catégorie d'affection	103
Figure 39 : Fréquence irrégularités pleurales visibles en échographie thoracique selon l'âge	104
Figure 40 : Fréquence irrégularités pleurales visibles en échographie thoracique selon la catégorie d'affection.....	105
Figure 41 : Fréquence des anomalies visibles en échographie ombilicale visibles selon l'âge.....	106
Figure 42 : Fréquence des anomalies visibles en échographie ombilicale visibles selon la catégorie d'affection.....	106

TABLE DES TABLEAUX

Tableau I : Bilan biochimique des grandes fonctions chez le poulain	37
Tableau II : Anomalies radiographiques de l'abdomen et leurs causes possibles chez le poulain.....	42
Tableau III : Anomalies échographiques des organes gastro-intestinaux et leurs causes possibles chez le poulain	45
Tableau IV : Anomalies échographiques du foie et leurs causes possibles chez le poulain	46
Tableau V : : Anomalies échographiques des structures ombilicales et leurs causes possibles chez le poulain	47
Tableau VI : Anomalies échographiques de la vessie et leurs causes possibles chez le poulain.....	47
Tableau VII : Anomalies échographiques du rein et leurs causes possibles chez le poulain.....	48
Tableau VIII : Anomalies échographiques du thorax et leurs causes possibles chez le poulain.....	49
Tableau IX : Anomalies échographiques des articulations et leurs causes possibles chez le poulain	51
Tableau X : Anomalies échographiques cardiaques et leurs causes possibles chez le poulain.....	52
Tableau XI : Anomalies échographiques des veines jugulaires et leurs causes possibles chez le poulain.....	53
Tableau XII : Anomalies échographiques de l'œil et leurs causes possibles chez le poulain.....	54
Tableau XIII: Répartition des poulains selon les catégories d'affection.....	61
Tableau XIV : Utilisation des différents examens complémentaires dans l'effectif total	63
Tableau XV : Bilan de l'utilisation des examens complémentaires selon les classes d'âge	67
Tableau XVI : Bilan de l'utilisation des examens complémentaires selon les catégories d'affection	71
Tableau XVII : Valeurs de référence utilisées pour la NFS (d'après 6,67,68)	72
Tableau XVIII : Valeurs de référence utilisées pour la biochimie sanguine (d'après 6,19,67).....	73
Tableau XIX : Fréquence des anomalies visibles en radiographie thoracique dans l'effectif total.....	77
Tableau XX : Fréquence des anomalies visibles en radiographie abdominale dans l'effectif total.....	77
Tableau XXI : Fréquence des anomalies visibles en radiographie du squelette appendiculaire dans l'effectif total.....	78
Tableau XXII : Fréquence des anomalies visibles en radiographie de la tête dans l'effectif total.....	78

Tableau XXIII : Fréquence des anomalies visibles en échographie thoracique dans l'effectif total.....	79
Tableau XXIV : Fréquence des anomalies visibles en échographie abdominale dans l'effectif total.....	79
Tableau XXV : Fréquence des anomalies visibles en échographie de l'ombilic dans l'effectif total.....	79
Tableau XXVI : Fréquence des anomalies visibles en échographie articulaire dans l'effectif total.....	80
Tableau XXVII : Fréquence des anomalies visibles en échocardiographie dans l'effectif total.....	80
Tableau XXVIII : Fréquence des anomalies visibles en échographie jugulaire dans l'effectif total.....	80
Tableau XXIX : Fréquence des anomalies visibles en échographie oculaire dans l'effectif total.....	81
Tableau XXX : Bilan des facteurs de risque pour les différentes anomalies étudiées	107
Tableau XXXI : Examens complémentaire intéressants à réaliser selon la suspicion diagnostic du poulain	118

LISTE DES ABREVIATIONS

ASAT : Aspartate Aminotransférase
CCMH : Concentration Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine
CIVD : Coagulation Intravasculaire Disséminée
CK : Créatine Kinase
CRP : C-Reactive Protein
DTIP : Défaut de Transfert de l'Immunité Passive
EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétracétique
EIC : Espace Intercostal
GGT : Gamma-Glutamyl Transférase
GR : Globule Rouge
Ht : Hématocrite
Hb : Hémoglobine
IgG : Immunoglobulines G
IRM : Imagerie par Résonance Magnétique
NFS : Numération Formule Sanguine
OR : Odds Ratio
PAL : Phosphatases Alcalines
PT : Protéines Totales
SAA : Serum Amyloid A
SDH : Sorbitol Déshydrogénase
SIRS : Syndrome de Réponse Inflammatoire Systémique
TCMH : Teneur Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine
VGM : Volume Globulaire Moyen
VR : Valeurs de Référence

INTRODUCTION

Les examens complémentaires se sont beaucoup développés ces dernières années. Un nombre croissant de cliniques possèdent des appareils de radiographie et d'échographie portables adaptés à la pratique sur le terrain. Les cliniques de taille importante s'équipent de plus en plus de scanner ou d'Imagerie par Résonance Magnétique. Les analyseurs permettent d'obtenir rapidement et en clinique, un grand nombre de paramètres sanguins. Ce sont des outils indispensables à la pratique vétérinaire, à la fois dans la démarche diagnostique mais aussi pour le suivi et la gestion du cas une fois un traitement instauré. Pour l'évaluation de certaines grandes fonctions durant sa démarche diagnostique chez un animal pris en charge, le vétérinaire doit choisir entre plusieurs examens complémentaires, d'autant plus que la médecine vétérinaire est une médecine présentant des contraintes économiques significatives, la facture étant intégralement payée par le propriétaire de l'animal. La connaissance des particularités de chacun de ces examens est indispensable pour faire le choix le plus adapté, sans multiplier inutilement le nombre d'examens réalisés.

Entre le poulain et le cheval adulte, il existe des différences physiologiques concernant les valeurs de référence des paramètres sanguins et des particularités au niveau des examens d'imagerie. Leur connaissance est nécessaire pour interpréter correctement les résultats obtenus. De même, les poulains présentent des affections spécifiques, relatives à leur âge, pouvant entraîner une utilisation des examens complémentaires qui diffère de chez l'adulte. Enfin, la littérature ne regorge pas d'études concernant l'utilisation spécifique des examens complémentaires chez le poulain en relation avec la gestion d'une conduite clinique.

Le premier objectif de cette étude est d'analyser l'utilisation des examens complémentaires faite à la Clinéquine chez les poulains de moins d'un an pour déterminer lesquels sont les plus utilisés. Nous nous intéresserons aux analyses sanguines et aux examens d'imagerie médicale (radiographie, échographie, IRM et scanner). Nous étudierons l'influence de facteurs, l'âge et la catégorie d'affection, sur l'utilisation des examens complémentaires. Le deuxième objectif est d'analyser les anomalies observées au cours de la réalisation des examens complémentaires et de déterminer encore une fois si certains facteurs influencent le risque de présenter ces anomalies. Enfin, le troisième objectif est de déterminer, pour la Clinéquine, des valeurs de référence pour les paramètres sanguins adaptés aux poulains de moins d'un an qui sont présentés en consultation à la Clinéquine.

Dans une première partie, nous nous intéresserons aux différents examens complémentaires réalisables chez le poulain de moins d'un an. Pour chacun des examens, nous verrons sa technique de réalisation chez le poulain, les variations physiologiques de cet examen chez le poulain par rapport à l'adulte, puis les anomalies qui peuvent être observées et leurs causes possibles. Dans une seconde partie, nous ferons un état des lieux de l'utilisation des examens complémentaires à la Clinéquine. Nous étudierons aussi les différentes anomalies observées et nous tenterons de mettre en évidence si l'âge ou la catégorie d'affection constituent des facteurs de risque. Enfin, nous tenterons d'établir des valeurs de référence pour certains paramètres sanguins chez le poulain.

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DES DIFFERENTS EXAMENS COMPLEMENTAIRES REALISABLES CHEZ LE POULAIN DE MOINS D'UN AN

Dans cette première partie, nous allons étudier les différents examens complémentaires à la disposition du clinicien face à un poulain de moins d'un an. Nous nous intéresserons aux analyses sanguines hématologiques et biochimiques, puis aux analyses des autres liquides comme l'analyse d'urine, l'analyse du liquide péritonéal ou du liquide synovial. Ensuite, nous étudierons les différents examens d'imagerie médicale : car si la radiographie et l'échographie en sont les principaux, le scanner et l'IRM sont en augmentation chez les équidés.

I. ANALYSES SANGUINES

Les analyses sanguines sont un examen complémentaire de routine facile à réaliser et peu invasif. Elles apportent de nombreuses informations car de nombreux paramètres peuvent être mesurés. Dans cette partie, nous allons voir quels sont les paramètres hématologiques et biochimiques d'intérêt pour le poulain de moins d'un an. Pour chaque paramètre, nous verrons sa signification physiologique, les variations normales qui se produisent lors de la première année de vie du poulain sain et les causes possibles de variations de ce paramètre.

A. Réalisation et conservation du prélèvement

Afin d'éviter des erreurs pré-analytiques, le prélèvement doit être réalisé dans de bonnes conditions, avec le bon choix de tube et conservé de manière adéquate.

Tout d'abord, il est important que le prélèvement de l'échantillon se réalise sur un poulain calme, au repos et n'ayant pas réalisé d'effort avant le prélèvement. La contention doit être minimale pour ne pas stresser le poulain mais suffisante pour ne pas mettre en danger l'animal ou les personnes autour. Le matériel le plus adapté à la réalisation d'une prise de sang chez un poulain est par le biais d'une seringue avec une aiguille, l'utilisation du VACUTAINER étant plus compliquée car la contention des poulains est particulièrement difficile. Le principal site de prélèvement est la veine jugulaire de par sa taille et sa facilité d'accès (1). Si le poulain est hospitalisé et qu'un cathéter veineux est mis en place au niveau d'une veine jugulaire, les prises de sang peuvent être également réalisées à la veine céphalique ou à la veine saphène, à défaut de prélèvements au cathéter (2).

Après une désinfection minutieuse, le tube doit être rempli de sang jusqu'au trait indicatif pour une bonne dilution de l'anticoagulant. Le tube doit être immédiatement homogénéisé pour bien mélanger l'anticoagulant s'il en contient et ainsi éviter la formation d'un caillot. En cas d'utilisation d'une aiguille montée sur une seringue, il faut idéalement retirer l'aiguille pour transférer le sang dans le tube sinon le prélèvement sera hémolysé surtout si l'aiguille est fine. Il faut également éviter de laisser le sang trop longtemps dans la seringue (moins de 90 secondes idéalement) pour éviter la formation d'un caillot (3), surtout dans l'espèce équine où la vitesse de sédimentation est très rapide.

Le choix du type de tube dépend des analyses voulues. Pour réaliser une analyse hématologique et cytologique, l'acide éthylène diamine tétra-acétique (EDTA) est l'anticoagulant le plus adapté. Pour les analyses biochimiques, il ne faut pas utiliser de tube EDTA car c'est un chélateur qui interfère avec plusieurs paramètres à doser. On préfère prendre un tube hépariné ou un tube sec selon les paramètres souhaités.

Pour les échantillons sur tube hépariné, il faut centrifuger le sang le plus rapidement possible, sinon on risque d'obtenir des erreurs pré-analytiques, en plus du risque d'hémolyse qui croît avec la durée de préservation. Les plus classiques sont l'hypoglycémie artéfactuelle due à la consommation du glucose par le métabolisme des cellules sanguines, ou l'hyperkaliémie artéfactuelle due à la fuite du potassium en dehors des hématies. Pour les échantillons prélevés avec un tube EDTA, un frottis doit être rapidement réalisé après collecte de l'échantillon car l'EDTA affecte la morphologie des cellules ce qui rend difficile l'identification des leucocytes. Pour les échantillons sur sang entier sans anticoagulant, le tube peut être conservé jusqu'à une heure à température ambiante. Passé ce délai, il doit être conservé au frais à 4°C (4).

B. Paramètres hématologiques

1. Paramètres de la lignée blanche

Les leucocytes peuvent être interprétés dans leur globalité et séparément selon chaque sous-population leucocytaire. Pour analyser correctement le leucogramme, il faut utiliser les valeurs absolues et non les pourcentages des différentes populations, et toujours vérifier l'absence d'anomalies morphologiques dans les différentes populations même en cas de comptage leucocytaire normal (1).

Chez le poulain comme chez l'adulte, une faible augmentation du nombre total de leucocytes ou leucocytose, de l'ordre de 10 à 20%, peut être causée par le stress ou par un exercice récent (leucogramme de stress) d'où l'importance de réaliser son prélèvement sanguin dans le calme. Une leucocytose plus importante, environ 20% d'augmentation du nombre de leucocytes, est caractéristique d'une inflammation qu'elle soit aiguë ou chronique. En revanche, une baisse du nombre de leucocytes ou leucopénie qui témoigne d'un afflux de leucocytes, qu'elle soit faible ou importante, témoigne d'un processus pathologique. Elle indique un processus inflammatoire aigu, une infection aiguë, une endotoxémie ou une septicémie. Dans le cas d'une inflammation aiguë, elle sera suivie en deux jours d'une leucocytose rebond (3).

Nous allons nous intéresser plus particulièrement à chaque sous population de leucocytes : les polynucléaires neutrophiles, les lymphocytes, les monocytes, les polynucléaires éosinophiles et basophiles.

a. Les polynucléaires neutrophiles

Les polynucléaires neutrophiles sont produits dans la moelle osseuse. Leur rôle est de phagocyter les éléments étrangers à l'organisme, notamment les bactéries, et de propager l'inflammation. La moitié des neutrophiles est dans la circulation sanguine et l'autre moitié adhère à l'endothélium microvasculaire. Le passage des neutrophiles de la circulation à l'endothélium vasculaire s'appelle la marginalisation et elle est provoquée par une stimulation des endotoxines bactériennes. Les neutrophiles sont des cellules avec un noyau très segmenté,

et cette segmentation permet d'évaluer la sévérité de l'inflammation. Ainsi, les neutrophiles possédant un noyau rond ou bilobé sont appelés « band cells » et correspondent à une forme immature. Lorsqu'ils sont présents dans la circulation sanguine, on observe un virage à gauche par rapport à la courbe d'Arneht. Ce virage à gauche signifie que la moelle osseuse n'arrive pas à fournir assez de neutrophiles pour combattre l'inflammation, il s'agit donc d'un facteur pronostic négatif. En cas d'infection bactérienne, les neutrophiles peuvent également présenter des altérations cytoplasmiques telles que des vacuolisations, des granules toxiques ou des corps de Döhle, ils sont dans ce cas qualifiés de neutrophiles toxiques. La quantité de neutrophiles toxiques présents dans la circulation sanguine est révélatrice de la sévérité de la toxémie (1).

Il existe des variations physiologiques de la concentration sanguine en neutrophiles chez le poulain de moins d'un an. En post-partum, il existe une neutrophilie physiologique chez le poulain « mature » avec des valeurs allant jusqu'à $8 \times 10^9/L$ durant les 12 premières heures de vie. Elle est due à la maturation surrénalienne qui a lieu autour du part et à une forte libération de corticostéroïdes le premier jour de vie du poulain. Les poulains immatures n'ont pas un taux de neutrophiles élevé car leurs surrénales ne sont pas matures et, dans certains cas, ils présentent même une neutropénie caractéristique (et une lymphocytose relative) à la naissance.

Après la naissance, le taux de neutrophiles diminue ensuite jusqu'à quatre à six mois d'âge avec en moyenne $4 \times 10^9/L$ à six mois. En plus de ces variations liées à l'âge, il existe d'importantes variations individuelles de comptage. Chez le poulain sain, les band cells sont absentes ou présentes en faible nombre (5–8).

Comme chez l'adulte, chez le poulain, une neutrophilie est indicatrice d'une inflammation aiguë le plus souvent causée par une infection bactérienne mais elle peut également être due à un stress ou un effort. Dans le cas du stress ou de l'effort, la libération d'adrénaline mobilise temporairement les neutrophiles marginaux, la neutrophilie est donc transitoire et il est conseillé de refaire un examen sanguin huit à dix heures après, une fois le poulain calmé. Comme expliqué plus haut, la neutropénie est toujours pathologique chez le poulain. Elle est révélatrice d'une inflammation sévère causée par une infection sévère (pleurésie ou péritonite par exemple), d'une septicémie néonatale ou d'une endotoxémie. Dans le cas d'un début d'infection, la neutropénie est typiquement suivie en moins de trois jours par une neutrophilie, si l'organisme réagit, ce qui constitue un facteur pronostic favorable pour le poulain (1,3).

b. Les lymphocytes

Il existe deux populations de lymphocytes : les lymphocytes B et les lymphocytes T. Les lymphocytes B sont produits dans la moelle osseuse et jouent un rôle dans l'immunité à médiation humorale. Les lymphocytes T, quant à eux, sont produits dans le thymus et jouent un rôle dans l'immunité à médiation cellulaire. Ces deux populations ne sont présentes qu'en faible proportion dans la circulation sanguine, une grande partie se trouvant dans les tissus lymphoïdes (1).

Chez le poulain, la quantité de lymphocytes diminue juste après la naissance, en moyenne jusqu'à $1,4 \times 10^9/L$, puis elle remonte pour atteindre des valeurs similaires à celles de l'adulte entre trois et douze mois, en moyenne jusqu'à $5 \times 10^9/L$ (5,6,8).

Une augmentation du nombre de lymphocytes circulants ou lymphocytose est le plus souvent physiologique et transitoire et fait suite à un effort ou une excitation et à la libération

d'adrénaline associée. Elle peut cependant aussi être pathologique et révéler une infection. Pour distinguer le caractère physiologique ou pathologique de la lymphocytose, il faut répéter l'examen sanguin sur un poulain calme quelques heures après le premier prélèvement pour déterminer si la lymphocytose est transitoire. Une diminution du nombre de lymphocytes circulants ou lymphopénie peut, elle aussi, être physiologique en étant causée par un stress chronique ou par l'administration de corticoïdes. En effet, les corticoïdes provoquent une séquestration des lymphocytes dans les tissus lymphoïdes puis leur destruction en cas de traitement prolongé. La lymphopénie peut aussi être pathologique chez le poulain, et révèle une infection aiguë, une malnutrition ou une immunodéficiência (3).

c. Les monocytes

Les monocytes sont produits dans la moelle osseuse, puis ils passent dans la circulation sanguine où ils restent un à trois jours et enfin ils migrent dans les tissus et deviennent des macrophages. Leurs rôles sont la phagocytose, la régulation de l'inflammation et l'initiation des réponses immunitaires spécifiques (1).

Il n'y a pas de changements physiologiques du nombre de monocytes durant la première année de vie du poulain (5).

Une monocytose peut être due à une inflammation granulomateuse chronique surtout celles associées à une nécrose tissulaire, ou faire suite à une monocytopénie de stress. Une monocytopénie peut être causée par une endotoxémie, une virémie ou un stress (5).

d. Les polynucléaires éosinophiles

Les polynucléaires éosinophiles sont eux aussi produits dans la moelle osseuse. Ils sont présents dans la circulation sanguine et les tissus. Ils interviennent dans l'immunité parasitaire et les réactions d'hypersensibilité de type I (1).

Ils sont absents à la naissance du poulain puis leur nombre augmente lentement pendant un à quatre mois jusqu'à $0,4 \times 10^9/L$ (5,6).

Chez le poulain, une éosinophilie peut être associée à une inflammation chronique, une hypersensibilité ou une migration parasitaire (lors d'ascaridiose, dictyocaulose ou strongylose). Une éosinopénie est signe d'une infection aiguë, d'une endotoxémie, d'un stress, de l'administration de corticoïdes ou d'épinéphrine (1,3).

e. Les polynucléaires basophiles

Les polynucléaires basophiles sont produits dans la moelle osseuse, ils se distribuent ensuite dans la circulation puis les tissus. Ils jouent un rôle dans les réactions d'hypersensibilité (1).

Il n'y a pas de changements physiologiques du nombre de basophiles durant la première année de vie du poulain (5).

Chez le poulain, une basophilie signe une inflammation chronique ou une réaction allergique. Mais la basopénie n'est pas cliniquement significative chez le cheval (1).

2. Paramètres de la lignée rouge

Les érythrocytes sont produits et mûrissent entièrement dans la moelle osseuse chez le cheval (pas de réticulocytes circulants sauf dans de rares cas). Leur rôle est le transport et la libération du dioxygène, l'élimination du dioxyde de carbone et ils forment un système de tampon grâce à l'hémoglobine (1).

Il existe de nombreux paramètres pour évaluer la lignée rouge :

- Le nombre de globules rouges (GR) par litre de sang ;
- L'hématocrite (Ht) qui correspond au pourcentage du volume sanguin occupé par les globules rouges dans le sang. C'est un bon indicateur de la déshydratation ou de l'hémoconcentration, mais aussi d'anémie ;
- La concentration en hémoglobine (Hb) en g/dl ;
- Le Volume Globulaire Moyen (VGM) qui correspond au volume moyen de chaque globule rouge, exprimé en femtolitre. Il permet de décrire la taille des globules rouges et de qualifier les anémies de microcytaire, normocytaire ou macrocytaire. Cet indice varie très peu chez les équidés.
- La Concentration Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine (CCMH) qui est un indicateur de la concentration en hémoglobine par 100ml de globules rouges en g/dl. Elle permet de décrire une anémie comme étant normochrome (CCMH dans les normes) ou hypochrome (CCMH diminuée) (3). Là encore, cet indice ne varie que très peu chez les équidés.

Il existe de nombreuses variations physiologiques des paramètres de la lignée rouge. Les races dites « à sang chaud » ont un comptage des globules rouges, un hématocrite et un taux d'hémoglobine plus élevés que les races lourdes et à sang froid. Les poneys et les chevaux miniatures ont des globules rouges de plus gros diamètres donc leur VGM et CCMH sont plus élevés. Il existe aussi des variations d'un jour à l'autre mais restant dans les valeurs de référence. L'excitation, l'activité et le stress provoquent une libération d'adrénaline qui entraîne une contraction splénique. Cela provoque la libération de globules rouges dans la circulation sanguine (1,3).

Les paramètres de la lignée rouge varient également beaucoup selon l'âge et les valeurs adultes sont atteintes vers l'âge de deux ans. Le VGM diminue après la naissance avec un minimum atteint autour de trois à cinq mois d'âge, il réaugmente doucement mais reste inférieur aux valeurs de référence de l'adulte la première année de vie. Ceci s'explique car les poulains ont de petits globules rouges et qu'ils produisent de nombreux microcytes. Il existe aussi ce qu'on appelle l'anémie physiologique du poulain nouveau-né. Pendant les 30 premières minutes de vie, l'hématocrite et l'hémoglobine augmentent, puis elles diminuent pendant deux semaines. Elles restent ensuite dans les valeurs basses de l'intervalle de référence de l'adulte pendant la première année de vie. Plusieurs causes expliquent cette anémie physiologique :

- Le premier jour de vie, l'ingestion du colostrum et l'absorption des protéines colostrales créent une hémodilution relative par effet osmotique, ce qui diminue l'hématocrite.
- La stimulation de l'érythropoïèse est faible à la naissance. D'une part, la pression en dioxygène artériel monte de 34 à 80 mmHg, une heure après la naissance. Ceci provoque une augmentation de la saturation en dioxygène de l'hémoglobine et du contenu artériel en dioxygène ce qui diminue la production de l'érythropoïétine.

D'autre part, les cinq premiers jours de vie, la concentration érythrocytaire en 2,3-diphosphoglycérate augmente, ce qui diminue l'affinité pour le dioxygène des hématies. Cela augmente la distribution tissulaire en O₂, et donc diminue la production d'érythropoïétine.

- Les hématies fœtales ont une plus courte durée de vie que celles des adultes.
- Pendant leurs trois premiers mois de vie, les poulains ont une déficience physiologique en fer, il n'y a donc pas assez de fer pour l'érythropoïèse dans la moelle osseuse (7–9).

On retrouve aussi l'anémie de prématurité qui correspond à une version sévère de l'anémie physiologique du poulain nouveau-né.

Une diminution de l'hématocrite et/ou des globules rouges correspond à une anémie. Elle est généralement accompagnée d'une baisse de l'hémoglobine sauf en cas d'hémolyse intravasculaire. Comme les globules rouges mûrissent dans la moelle osseuse chez le cheval, il n'y a pas ni réticulocyte, ni d'érythroblastes circulants. Pour connaître le caractère régénératif d'une anémie, il faut donc réaliser une ponction de moelle osseuse. Une anémie peut cependant être décrite comme macrocytaire, normocytaire ou microcytaire, grâce au VGM.

Il existe deux mécanismes physiopathologiques à l'origine d'une anémie : soit une destruction des globules rouges liée à une hémorragie ou une hémolyse, soit un déséquilibre de production des globules rouges lié par exemple à un foyer inflammatoire. Les principales causes d'anémie chez le poulain nouveau-né sont les hémorragies liées au part avec par exemple la rupture prématurée du cordon ombilical, les foyers inflammatoires chroniques (datant de plus de huit à dix jours) et les hémolyses causées par un foyer infectieux ou par une isoérythrolyse néonatale.

Chez le poulain de plus d'un mois, les principales causes d'anémies sont les hémorragies externes, les spoliations par infestations parasitaires chroniques, et les foyers inflammatoires chroniques. Certaines anémies légères peuvent être masquées par une splénocontraction suite à un stress, une excitation ou un effort même léger (1,7,9), dans une moindre mesure que chez un adulte du fait de la modeste taille de la rate du jeune cheval.

Une hausse des globules rouges, de l'hématocrite et de l'hémoglobine correspond à une polycythémie ou une érythrocytose. Elle peut être relative (causée par une déshydratation ou une splénocontraction de stress). L'érythrocytose peut aussi être vraie mais cela reste rare chez le poulain et se produit en compensation d'une malformation cardiaque grave (par exemple une tétralogie de Fallot) (7).

3. Les plaquettes

Les plaquettes sont produites dans la moelle osseuse puis elles passent dans la circulation sanguine où elles assurent l'hémostase primaire ou alors elles sont séquestrées dans la rate (1).

Chez le poulain, le comptage des plaquettes est constant durant la première année de vie et reste dans les valeurs de référence du cheval adulte (5,6).

Une thrombocytose peut être causée par une hémorragie massive ou un foyer inflammatoire chronique. Elle peut aussi être liée à une contraction splénique suite à un stress ou un exercice ou liée à une erreur de comptage de l'automate qui compte les petits globules rouges comme des plaquettes. Dans ces deux derniers cas, la thrombocytose est artéfactuelle et

transitoire. De même, une thrombopénie peut être artéfactuelle, due à une agrégation des plaquettes dans le tube. Il est important, quand on obtient une thrombopénie à l'automate, de toujours réaliser une lecture manuelle du frottis sanguin. Une vraie thrombopénie est causée par une Coagulation Intravasculaire Disséminée (CIVD), une endotoxémie, une anaplasiose (*A. phagocytophilum*) ou une anémie infectieuse équine (1).

La Numération et Formule Sanguine (NFS) est un examen facile de réalisation, peu invasif qui apporte de nombreuses informations sur le statut inflammatoire, d'hydratation et une éventuelle anémie du poulain.

Elle est particulièrement indiquée pour rechercher une infection, notamment chez le poulain nouveau-né faible chez qui l'on suspecte une septicémie, mais également à tout âge pour tout type d'infection. Elle est également indiquée pour évaluer une anémie chez un jeune poulain dans le cas d'une isoérythrolyse néonatale ou d'une hémorragie liée au part ou encore dans le cas d'une inflammation chronique du poulain de quelques mois.

C. Paramètres biochimiques

1. Les protéines totales

Les protéines totales (PT) sanguines sont principalement composées de l'albumine et des globulines mais elles comprennent aussi les facteurs de coagulation, le fibrinogène plasmatique et les autres protéines de la phase aiguë de l'inflammation. Leur rôle est de maintenir la pression oncotique, assurer une fonction nutritive, déclencher l'inflammation et la réponse immunitaire, assurer la coagulation. L'analyse la plus fiable des protéines totales se fait au spectrophotomètre mais elle peut aussi être rapidement réalisée au réfractomètre à l'aide de tubes à micro-hématocrite (10,11).

Chez le poulain, les protéines totales augmentent après la prise du colostrum du fait de l'absorption des immunoglobulines (gammaglobulines). Puis elles reviennent dans les valeurs de référence de l'adulte pendant la première année de vie (6,12,13).

Lors de l'analyse des protéines totales, il est fortement conseillé de mesurer également les taux d'albumine et de globulines afin de mieux interpréter les valeurs obtenues et de calculer le ratio albumine/globulines.

a. L'albuminémie

L'albumine est la composante principale des protéines sanguines. Sa synthèse se fait dans le foie. Elle joue un rôle majeur dans le maintien de la pression oncotique et le transport de nombreuses molécules dans le sang. L'albuminémie augmente en cas de déshydratation importante et elle diminue en cas de pertes digestives (diarrhée) ou rénales, de pertes sanguines (hémorragies, parasitisme digestif sévère), d'une hémodilution par une fluidothérapie importante ou d'une baisse de production (anorexie, malnutrition ou insuffisance hépatique) (10,14).

b. La globulinémie et le dosage des Immunoglobulines G

Les globulines sont des protéines pouvant être séparées en plusieurs fractions : alpha, bêta et gamma que l'on peut distinguer selon leur mobilité électrophorétique. Chez le poulain, elles augmentent physiologiquement suite à la prise de colostrum puis elles baissent du fait de la dégradation catabolique des immunoglobulines colostrales. Mais en cas de défaut de transfert de l'immunité passive ou d'immunodéficience combinée du poulain arabe, la globulinémie reste basse. Comme pour l'albumine, une hypoglobulinémie peut aussi être due à des pertes digestives, rénales, sanguines ou d'une fluidothérapie importante. Une hyperglobulinémie, quant à elle, apparaît en cas d'inflammation, au bout de quelques jours (6,10,14).

Doser la concentration sanguine en Immunoglobulines G (IgG) a pour but de définir le statut immunitaire du poulain suite au transfert d'immunité passive grâce à la prise du colostrum et ainsi d'évaluer son risque de développer une septicémie à l'aide de scores septiques. Si 24 heures après la naissance, le poulain a une concentration sanguine en IgG supérieure à 8 g/L, on considère que le transfert d'immunité passive est idéal. Si elle est inférieure à 8 g/L, il y a un défaut partiel ou total du transfert de l'immunité passive (DTIP). Le dosage des IgG se fait aisément en routine à l'aide de tests ELISA semi-quantitatifs (par exemple, le SNAP® Foal IgG, Idexx). La sensibilité du SNAP® test est de 64,5 % et sa spécificité de 94,7 % pour déterminer une absorption suffisante à 8 g/L. Une autre méthode consiste à faire la différence entre les protéines totales, déterminées à l'aide d'un réfractomètre, et la concentration en albumine pour obtenir la concentration en globulines. Une étude de 2022 a montré que les deux techniques obtenaient les mêmes résultats à la fois pour déterminer les taux d'IgG supérieur à 8 g/L et ceux inférieurs à 4 g/L (15–18).

Les poulains avec un taux d'IgG inférieur à 4 g/L ont plus de 50 % de risque de développer une septicémie alors que ceux avec un taux supérieur à 8 g/L ont un risque inférieur à 5 % (19). Un DTIP peut être dû à un défaut de prise colostrale par le poulain ou à un défaut d'origine maternelle (colostrum en faible quantité ou de mauvaise qualité, jument agressive ne laissant pas le poulain téter, primipare ou jument âgée, mort de la mère) (17).

c. Le fibrinogène plasmatique

Le fibrinogène est une protéine de la phase aiguë de l'inflammation et est le premier facteur de la coagulation. Il est synthétisé par le foie (20). Chez le poulain, le fibrinogène est dans les valeurs basses des valeurs de référence de l'adulte à la naissance, environ 2g/L, puis il augmente pour être transitoirement au-dessus entre trois et cinq mois, à environ 5g/L (6,12). Le taux de fibrinogène plasmatique augmente en cas de processus inflammatoire en 48 heures avec un pic en cinq à sept jours (19). Il permet un suivi de l'évolution de la maladie et il constitue un indicateur pronostic car il diminue avec la résolution de l'inflammation. Cependant une valeur normale de fibrinogène sanguin n'indique pas l'absence d'inflammation (10).

d. La Serum Amyloid A ou protéine sérique A

La Serum Amyloid A (SAA) est elle aussi une protéine de la phase aiguë de l'inflammation chez le cheval. Elle est principalement synthétisée par le foie, mais pas exclusivement. Chez le cheval, certains isoformes extra-hépatiques de la SAA ont été identifiées et elles sont synthétisées par les cellules endothéliales ou l'épithélium des organes

en contact avec l'environnement extérieur (tractus gastro-intestinal, voies respiratoires et glandes mammaires) (21). C'est un marqueur de l'inflammation plus précis et plus sensible que le fibrinogène car sa concentration augmente et diminue plus rapidement et de façon beaucoup plus marquée. Elle peut évoluer en seulement six heures et permet donc de faire un suivi de l'inflammation tous les jours voire toutes les demi-journées. Elle constitue une aide importante pour le diagnostic différentiel du poulain faible même si elle n'est pas spécifique d'une maladie particulière mais révélatrice d'une inflammation significative (8,19,20,22).

Les poulains sains de moins de trois jours ont une SAA comprise entre 0 et 27,1 mg/L avec une concentration moyenne plus élevée à deux jours d'âge (8,13).

Les infections telles que les bronchopneumonies et les arthrites septiques causent des augmentations plus importantes que les maladies non-infectieuses (22). Ainsi, chez les jeunes poulains, une augmentation de la SAA supérieure à 100mg/dl suggère fortement une infection (23). Cependant, dans le cas des pneumonies à *Rhodococcus equi*, pneumonie chronique comparable à la tuberculose, la concentration en SAA n'est pas un bon outil diagnostique que ce soit pour une détection précoce de la maladie ou pour un stade plus avancé (24).

e. La Protéine C-réactive et l'haptoglobine

La protéine C-réactive (CRP) est utilisée en médecine humaine et en médecine canine comme marqueur d'inflammation. Elle est particulièrement utilisée pour le diagnostic du sepsis en humaine. En médecine équine, la CRP est corrélée avec l'inflammation chez les poulains nouveau-nés sans être indicatrice de sepsis. Mais en pratique, elle n'est pas utilisée car elle n'est pas assez sensible (25,26).

L'haptoglobine est une protéine produite par le foie qui se lie à l'hémoglobine suite à une hémolyse intravasculaire. Sa concentration sérique diminue donc en cas d'hémolyse mais elle augmente en cas d'inflammation aiguë. Une étude de 2013 a montré une diminution de la concentration en haptoglobine chez des poulains septicémiques par rapport à des poulains en bonne santé, sans qu'il n'y ait d'évidence d'hémolyse importante chez les poulains septicémiques (25,26).

La CRP et l'haptoglobine ne sont ni des marqueurs de septicémie chez le poulain, ni des facteurs pronostiques de survie (26).

La mesure des protéines totales et des différentes protéines la composant sont des paramètres apportant de nombreuses informations. Chez le poulain nouveau-né faible, la mesure de la SAA et du fibrinogène permet de mettre en évidence un processus inflammatoire. Si elle est associée à une faible concentration en IgG, cela indique fortement un DTIP, facteur de risque de septicémie. Chez le poulain, comme chez l'adulte, l'hyperalbuminémie est un marqueur fiable de déshydratation du poulain.

2. Tests fonctionnels

a. La Glycémie

La glycémie est un paramètre qui permet de vérifier les fonctions hépatiques et pancréatiques ainsi que le métabolisme énergétique en général. La glycémie est normalement

régulée par l'insuline et le glucagon mais elle est également fortement influencée par les catécholamines et les glucocorticoïdes.

A la naissance le poulain présente une glycémie autour de 3-3,5 mmol/l, puis cette valeur augmente les premières 24 heures jusqu'à 4,5-6 mmol/l. Le premier mois de vie, la glycémie du poulain reste plus élevée que chez l'adulte du fait des nombreuses prises de lait. Par la suite elle est maintenue dans des valeurs normales par les mécanismes de régulation de l'insuline et du glucagon. Chez les poulains prématurés, la glycémie est plus basse à la naissance, environ 2,3-2,7mmol/l et ils sont incapables de maintenir une glycémie adéquate. Il est donc indispensable d'effectuer un suivi de glycémie régulier en soins néonataux particulièrement pour corriger l'hypoglycémie (3,6,12,27).

Chez le poulain, l'hyperglycémie est principalement transitoire et fait suite à une prise de lait (hyperglycémie post-prandiale), un stress, l'administration de glucocorticoïdes ou d'alpha-2 agonistes. Elle n'est pas très alarmante chez le poulain contrairement à l'hypoglycémie car le poulain nouveau-né n'a que de faibles réserves de glycogène et ses enzymes de la néoglucogénèse sont mal développées. Les hyperglycémies peuvent apparaître chez des poulains perfusés avec du glucose et qui présentent une insulino-résistance, souvent liée à une septicémie ou une prématurité.

Une hypoglycémie peut être signe d'une malnutrition, d'une anorexie, d'une septicémie, d'une insuffisance hépatique ou surrénalienne. Elle peut aussi être artéfactuelle due à une glycolyse par les globules rouges dans le tube de sang si l'échantillon n'est pas analysé assez rapidement. Une véritable hypoglycémie est souvent accompagnée cliniquement de dépression ou de léthargie (3,27).

b. L'Urémie

L'urémie est un paramètre permettant d'évaluer les reins (à la fois les glomérules et les tubules) ainsi que le foie et les intestins. En effet, l'urée est un déchet azoté issu du catabolisme protéique dont la production est commencée par la microflore intestinale puis terminée dans le foie. L'urée est ensuite éliminée par voie rénale. C'est un paramètre moyennement sensible et non spécifique qui ne permet pas de distinguer l'origine d'une insuffisance rénale : pré-rénale, rénale ou post-rénale. De ce fait, elle n'est pas analysée seule mais en combinaison avec la créatinémie (10).

Chez les poulains, l'urémie baisse du troisième jour au deuxième mois parce que si le poulain consomme une grande quantité de liquide (lait), il a également une forte production d'urine ce qui augmente la clairance rénale de l'urée et il a un fort besoin en acides aminés pour sa croissance donc le catabolisme des protéines est réduit (6).

Une baisse de l'urémie peut être causée par une insuffisance hépatique, la prise de stéroïdes anabolisants ou une ration pauvre en protéines. Une hausse de l'urémie peut être due à une insuffisance rénale, une anorexie importante causant une augmentation du catabolisme des protéines ou une ration trop riche en protéines (10).

c. La créatinémie

La créatinémie permet d'évaluer l'état des reins mais seulement des glomérules ainsi que l'état des muscles car elle est un produit non protéique issu de la dégradation musculaire.

Elle est ensuite filtrée par les glomérules rénaux mais non réabsorbée par les tubules. C'est un test plus sensible que l'urée mais qui reste moyennement sensible.

Chez le poulain nouveau-né la créatinémie est parfois élevée, jusqu'au double de l'adulte, les 36 premières heures mais elle retourne à la normale en trois à cinq jours. En effet, les reins ne sont pas encore complètement fonctionnels à la naissance et il y a une production excessive de créatinine par le poulain. (6,12,19).

Une hausse de la créatinémie lorsqu'elle est associée à une hausse de l'urémie correspond à une azotémie. Cela signifie que l'animal présente une insuffisance rénale mais cette azotémie n'est apparente que lorsque 75 % de la fonction glomérulaire est perdue donc elle est peu sensible. Mais une fois élevée la créatinémie est un indicateur sensible de la dégradation du filtre glomérulaire car lorsque la fonction rénale baisse de 50 %, la créatinémie double (3,6).

d. La bilirubinémie

La bilirubinémie permet d'évaluer l'état du foie et des érythrocytes. C'est un produit issu de la dégradation de l'hème présent sous deux formes : la bilirubine non-conjuguée ou directe qui vient de la dégradation de l'hème dans le sang, et qui est transformée ensuite en bilirubine conjuguée ou indirecte dans le foie. Cette bilirubine conjuguée est ensuite excrétée par le foie dans la bile puis éliminée dans l'intestin. La bilirubine totale correspond à l'ensemble de la bilirubine conjuguée et non-conjuguée (10,28).

Chez le poulain, il y a une hausse transitoire de la bilirubine totale et indirecte dans les 12 heures suivant la naissance puis elles diminuent progressivement jusqu'à trois mois. Ceci s'explique par une faible durée de vie des globules rouges chez le poulain ainsi qu'une immaturité hépatique entraînant une augmentation de la résorption intestinale de bilirubine, une baisse de la capture de la bilirubine sanguine, une baisse des capacités hépatiques de conjugaison et une baisse de l'excrétion de la bilirubine (6,29).

Il existe plusieurs causes à une hyperbilirubinémie chez le poulain. Cliniquement, elle est associée à un ictère. Tout d'abord, chez le cheval, elle peut être due à une anorexie. En effet, une anorexie active le catabolisme des protéines comme source d'énergie. Il y a donc moins de protéines de transport de la bilirubine (la ligandine) disponibles ce qui augmente la concentration sanguine en bilirubine libre. Une hyperbilirubinémie peut aussi être causée par une maladie hémolytique avec chez le poulain l'isoérythrolyse néonatale. Enfin elle peut être due à une insuffisance hépatique. Les causes d'insuffisance hépatique chez le poulain sont (10,29) :

- Infectieuses, elles engendrent des nécroses hépatiques, avec les septicémies le plus fréquemment, l'herpès virus équin de type 1 si l'infection se fait proche du terme et plus rarement la maladie de Tyzzer à *Bacillus piliformis* ;
- Toxiques avec les excès de fer lors de complémentation parentérales (fumarate de Fer), les endotoxines lors de septicémie et l'hépatotoxicité médicamenteuse des anesthésiques halogénés, des corticoïdes et des anticonvulsivants ;
- Mécaniques, avec les ulcères gastro-duodénaux ;
- Congénitales, avec l'atrésie biliaire ou l'hyperlipémie congénitale, mais cela reste rare ;
- Autres, avec l'asphyxie périnatale provoquant une défaillance d'organe suite au manque d'oxygène.

La mesure de glycémie est importante chez le poulain nouveau-né dès lors qu'il est faible et semble moins téter. L'urée et la créatinine sont surtout utilisées pour évaluer la fonction rénale, l'analyse d'urine est fortement recommandée en complément. La bilirubine permet de confirmer une hémolyse et de vérifier la fonction hépatique.

3. Tests lésionnels

a. La Créatine Kinase

La créatine kinase (CK) est une enzyme produite par les cellules musculaires (lisses, squelettiques et cardiaques) et également par les cellules nerveuses et cérébrales. Elle se compose de deux sous-unités M et B qui différencient trois isoenzymes : la CK-MM présente dans les muscles, la CK-MB présente dans le myocarde et la CK-BB présente dans le cerveau, les nerfs périphériques, les viscères et le LCR. La majeure partie de l'activité des CK est d'origine musculaire donc elle reste un test spécifique des atteintes musculaires. C'est également un test avec une bonne sensibilité (10,28).

Chez le poulain, l'activité des CK peut augmenter pendant le premier jour de vie surement à cause des traumatismes musculaires liés au part. Puis leur activité reste stable pendant la première année de vie (6,12).

Une augmentation de l'activité des CK révèle la présence de lésions musculaires. Des injections intra-musculaires, un exercice intense ou un long transport peuvent provoquer une augmentation des CK même s'il n'y a pas de lésions histologiques. La hausse des CK est proportionnelle à l'importance des lésions, généralement on voit un pic quatre à six heures après l'apparition de la lésion avec un retour à la normale en 24 heures. Mais si la hausse persiste dans le temps, cela indique que le processus lésionnel est toujours actif et continu (10).

b. L'Aspartate Aminotransférase

L'aspartate aminotransférase (ASAT) est une enzyme cytosolique non spécifique d'organe présente dans le foie, les muscles cardiaques et squelettiques. C'est un indicateur sensible mais non spécifique de lésions tissulaires.

Il y a une légère hausse des ASAT, sept jours après la naissance, du fait de l'augmentation de l'activité musculaire du poulain (12).

Comme les ASAT sont non-spécifiques, il est intéressant de les mesurer en combinaison avec d'autres paramètres pour comprendre l'origine de leur augmentation. Ainsi une hausse des ASAT accompagnée d'une augmentation de l'activité des CK indique une myosite, alors qu'associée à une augmentation des Gamma-glutamyl-transférases (GGT), de la Sorbitol-déshydrogénase (SDH) ou des Phosphatases alcalines (PAL), elle indique une lésion des hépatocytes. Les ASAT ont une demi-vie longue plus longue que la CK et la SDH, leur augmentation persiste donc plus longtemps (jusqu'à 10 jours) après une lésion hépatique ou musculaire. Faire un suivi des ASAT est intéressant pour suivre l'évolution des lésions musculaires ou hépatiques car une baisse des ASAT constitue un facteur pronostic favorable alors qu'au contraire leur hausse constitue un facteur pronostic défavorable (10).

c. La Gamma-Glutamyl Transférase

La Gamma-Glutamyl Transférase (GGT) est une enzyme spécifique du foie présente en grande quantité dans les canalicules biliaires.

Chez le poulain nouveau-né, elle est plus élevée pendant une à deux semaines de vie parce que le poulain a absorbé les GGT maternelles qui sont en quantité importantes dans le colostrum et que leurs cellules hépatiques sont encore en maturation (6,12).

Une augmentation de l'activité des GGT est un marqueur de cholestase. Elle apparaît en cas d'infection ascendante par le canal biliaire commun en cas d'ulcères gastro-duodénaux. Elle peut aussi apparaître en cas de septicémie, de Syndrome de Réponse Inflammatoire Systémique (SIRS) ou de syndrome d'hypoxie ischémique (10,13).

d. La Phosphatase alcaline

La phosphatase alcaline (PAL) est une enzyme synthétisée par le foie, les ostéoblastes et les intestins. Il existe plusieurs isoenzymes selon leur origine de production mais les automates courants ne peuvent pas les distinguer (10).

L'activité des PAL est physiologiquement très élevée chez le poulain lors de son premier mois et surtout lors de sa première semaine. En effet, du fait de la croissance osseuse, les ostéoblastes synthétisent beaucoup de PAL. De même, avec la maturation hépatique, les hépatocytes synthétisent des PAL la première semaine. L'activité des PAL diminue ensuite progressivement la première année mais en restant au-dessus des valeurs de référence de l'adulte (6,12).

Une augmentation de l'activité des PAL peut être causée par une cholestase, de la nécrose hépatique, une cholangio-hépatite mais aussi par le métabolisme osseux lors d'une cicatrisation de fracture. Il est toujours intéressant d'interpréter les PAL avec d'autres enzymes hépatiques plus spécifiques (10).

e. Les lactates

Les lactates sont produits par les cellules en hypoxie afin de continuer à produire de l'ATP en situation d'anaérobiose. Ils sont métabolisés par le foie et les reins. La principale cause d'augmentation de la lactatémie est l'hypoperfusion tissulaire qui intensifie leur production de par l'hypoxie cellulaire engendrée. Les lactates sont un marqueur sensible et précoce de l'hypoperfusion tissulaire. Mais la lactatémie peut aussi être augmentée lors d'une hausse de la concentration plasmatique en catécholamines (par exemple, lors d'une hémorragie ou d'un choc septique) ou lors d'un état inflammatoire important (par exemple un SIRS) car les leucocytes aussi produisent des lactates. L'accumulation des lactates est la première cause d'acidose métabolique chez le poulain (19,30,31).

La concentration en lactates constitue donc un indicateur d'hypoxie et d'hypoperfusion tissulaire particulièrement utile en cas de dystocie, de prématurité, d'immaturité, d'encéphalopathie ischémique, de sepsis, de SIRS ou d'entérite. L'hyperlactatémie est associée à des affections sévères et de la mortalité et constitue donc une urgence en néonatalogie équine. Ses variations après la mise en place d'un traitement sont un facteur pronostic intéressant (32,33).

Les CK et les ASAT sont indiquées pour évaluer une atteinte musculaire et suivre son évolution. Les GGT et les ASAT permettent d'effectuer un bilan hépatique. Les PAL qui sont physiologiquement élevées chez le poulain ne sont pas les plus intéressantes pour faire un bilan hépatique. Les lactates, quant à eux, sont particulièrement intéressants chez le poulain nouveau-né faible ou chez le poulain en colique et apportent une information sur le pronostic non négligeable.

4. Electrolytes

L'analyse des électrolytes sanguins se fait sur le sérum avec un tube sec ou sur le plasma avec un tube hépariné. Avoir un analyseur rapide des électrolytes au chevet du patient est nécessaire pour le monitoring du poulain nouveau-né (3).

Il n'y pas beaucoup de différence entre les concentrations sanguines en électrolytes chez le poulain et l'adulte sain, à part une légère acidose métabolique à la naissance (6,12).

Nous allons nous intéresser plus particulièrement au dosage du sodium, du potassium, du chlore et du calcium qui sont les plus intéressants d'un point de vue clinique chez le poulain et nous n'étudierons pas le dosage du magnésium.

a. La natrémie

Le sodium est le cation majeur du compartiment extracellulaire, il conditionne l'équilibre hydrique et l'osmolarité sanguine. Il est responsable du maintien des forces osmotiques qui régule le volume de fluide du compartiment extracellulaire. La natrémie est régulée par le système rénine-angiotensine-aldostérone.

Chez le poulain, l'hypernatrémie peut être causée par une déshydratation aiguë où la perte en eau serait supérieure à celle en électrolytes, mais également par un effort physique ou un excès de sodium lors de fluidothérapie. Une hyponatrémie, quant à elle, peut être causée par une insuffisance rénale tubulaire, un uropéritoine, l'administration de furosémide ou une diarrhée importante avec perte massive de fluides et d'électrolytes avec une compensation partielle par une prise orale d'eau (3,28,34).

b. La kaliémie

Le potassium est le cation majeur du compartiment intracellulaire. Seul 1 % du potassium se trouve dans la circulation sanguine donc la kaliémie reflète mal la concentration intracellulaire en potassium. Il participe principalement à la conduction de l'influx nerveux, au maintien du rythme cardiaque et au métabolisme acido-basique.

Chez le cheval, l'hyperkaliémie peut être artéfactuelle car les érythrocytes sont riches en potassium. Donc en cas d'hémolyse de l'échantillon, il y a libération du potassium et augmentation de la kaliémie. Pour savoir si l'on est dans ce cas, il faut analyser un second échantillon. Une hyperkaliémie pathologique peut indiquer un uropéritoine, une acidose sévère, une rhabdomyolyse ou une dégradation de la fonction rénale. Une hypokaliémie est la conséquence d'une perte intestinale (lors de diarrhée), une baisse de la prise alimentaire, de pertes sudorales ou de l'administration de furosémide. Une hypokaliémie sévère est indicatrice d'une alcalose (3,28).

c. La chlorémie

L'ion chlorure est un anion principalement contenu dans le compartiment extracellulaire donc les variations de la chlorémie reflètent bien les changements dans le corps entier du cheval. Les ions chlorures varient dans le même sens que le sodium et inversement aux bicarbonates.

Une hyperchlorémie révèle une déshydratation aiguë ou une acidose métabolique alors qu'une hypochlorémie se produit lors de l'administration de furosémide, de pertes sudorales ou d'un état d'alcalose métabolique causé par des pertes par diarrhée ou une obstruction haute du tube digestif (3).

d. La calcémie

Le calcium est présent dans le sang sous trois formes : ionisé, chélaté ou lié à des protéines. En routine, on mesure le calcium total mais il est peu fiable car seul le calcium ionisé est biologiquement actif.

Chez le poulain, une hypercalcémie peut être liée à une insuffisance rénale ou intoxication à la vitamine D. L'hypocalcémie est souvent liée à une baisse de l'apport alimentaire, une acidose, des pertes sudorales importantes ou l'administration de furosémide (3).

Le dosage des électrolytes est indiqué en cas de diarrhée ou de suspicion d'uropéritoine qui sont les causes majeures de désordres électrolytiques chez le poulain.

5. Choix des paramètres à évaluer

Selon le tableau clinique du poulain et les fonctions que l'on veut évaluer, il est intéressant de combiner certains paramètres biochimiques pour effectuer un premier bilan. Dans le tableau I ci-dessous, se trouve un récapitulatif des paramètres biochimiques intéressants pour chaque fonction à évaluer chez le poulain (10).

Tableau I : Bilan biochimique des grandes fonctions chez le poulain

Bilan à réaliser	Paramètres biochimiques d'intérêt
Bilan musculaire et squelettique	CK, ASAT, créatinine, électrolytes
Bilan gastro-intestinal	PT, albumine, fibrinogène, glucose, lactates électrolytes
Bilan hépatique	PT, albumine, urée, glucose, bilirubine, PAL, ASAT, GGT
Bilan rénal	PT, albumine, créatinine, urée, électrolytes, analyse urinaire en complément

Il existe de très nombreux paramètres biochimiques à la disposition du clinicien. Un choix en fonction du tableau clinique du poulain doit être fait pour ne pas se retrouver avec des informations inutiles et augmentant les coûts inutilement pour les propriétaires.

II. ANALYSES DES AUTRES LIQUIDES BIOLOGIQUES

Dans cette partie, nous allons nous intéresser seulement aux liquides biologiques les plus couramment analysés chez les poulains : l'urine, le liquide péritonéal et le liquide articulaire.

A. Analyse d'urine

L'analyse d'urine est un examen complémentaire très informatif et peu invasif chez le cheval recommandé en cas de troubles urinaires. Le prélèvement se fait le plus souvent par miction naturelle. Chez le poulain nouveau-né, la densité urinaire est d'abord élevée (supérieure à 1,030) après la naissance puis elle diminue après 48 heures jusqu'à 1,004 à 1,006 chez des poulains hydratés avec une fonction rénale normale. Les tubules étant immatures pendant 2 semaines, la densité remonte après 2 semaines vers des valeurs plus proches de celles de l'adulte. La densité urinaire atteint les valeurs de référence de l'adulte avec la diminution de la part du lait dans l'alimentation. Pendant les trois premiers jours de vie, il y a une protéinurie marquée mais normale du fait de l'absorption du colostrum et de l'excrétion de microglobulines. De même, il est possible d'obtenir des hématies et des leucocytes à la bandelette pendant les 48 heures suivant la naissance du fait de saignements résiduels de l'ouraque. Les urines du poulain sont plus acides que celles du cheval adulte, avec un pH entre 5,5 et 8,0 du fait de la nutrition lactée (8,13).

B. Analyse du liquide péritonéal

L'analyse du liquide péritonéal est un examen peu coûteux et assez peu invasif qui peut s'avérer très utile dans la démarche diagnostique des affections digestives chez le poulain comme chez l'adulte, même si en pratique il n'est pas réalisé aussi souvent en routine que chez l'adulte. Un liquide péritonéal sain est jaune clair citrin et translucide. Les concentrations en protéines et en cellules nucléées sont plus basses chez le poulain que chez l'adulte : un comptage cellulaire supérieur à $1,5 \times 10^9/L$ avec plus de 15 % de neutrophiles et un taux de protéines supérieur à 20g/L sont considérés comme anormaux. Comme chez l'adulte, un comptage élevé en cellules nucléées associé à des neutrophiles dégénérés et des bactéries indiquent une péritonite septique, tout comme un pH inférieur à 7,2 et des lactates augmentés. Chez le poulain, elle peut être causée par une septicémie, une infection des structures ombilicales ou une contamination bactérienne suite à une perte d'intégrité de la paroi intestinale. Un liquide séro-hémorragique avec une augmentation du taux de protéines et du comptage cellulaire peut être obtenu en cas d'incarcération intestinale ou d'entérite (8,13,35).

C. Analyse du liquide synovial

La principale indication d'analyse du liquide synovial est de confirmer le diagnostic d'arthrite septique dans un cas de gonflement articulaire et/ou de boiterie chez le poulain. Le liquide synovial du poulain contient normalement moins de $0,5 \times 10^9/L$ de cellules nucléées avec moins de 25 % de neutrophiles et moins de 20g/L de protéines. Un comptage cellulaire supérieur à $5 \times 10^9/L$ et un taux de protéines supérieur à 35g/L sont indicatifs d'une arthrite

septique souvent associée à une septicémie chez le jeune poulain. La concentration en protéines est plus sensible que le comptage cellulaire pour prédire l'infection car les leucocytes ont tendance à s'agréger avec le caillot de fibrine dans l'articulation. Une augmentation modérée de la concentration en protéines et du comptage cellulaire indiquent une physite ou ostéomyélite adjacente ou une inflammation systémique entraînant une polysynovite à médiation immunitaire (13,35,36).

L'analyse des liquides biologiques est peu invasive et apporte des informations précieuses. Elle se fait rarement seule mais plutôt en complément d'autres analyses faites précédemment pour confirmer une suspicion clinique.

III. EXAMENS D'IMAGERIE MEDICALE

Les examens d'imagerie sont peu invasifs et apportent comme les examens sanguins de nombreuses informations. Il est parfois possible de les réaliser directement sur le terrain avec du matériel portable sans être dans un centre hospitalier. Pour chaque type d'examen, nous verrons le positionnement adéquat du poulain pour obtenir la meilleure qualité d'image possible, les particularités des structures visibles chez le poulain et les anomalies visibles avec leur signification pathologique.

A. Radiographie

La radiographie est un examen qui ne nécessite pas de préparation spéciale du patient avant sa réalisation. Elle nécessite juste une contention voire une sédation pour assurer l'immobilité du patient pendant la prise du cliché. La difficulté en radiographie est d'avoir une bonne qualité d'image. Il faut avoir un bon réglage des constantes, prendre le cliché au bon moment, bien positionner le générateur et la cassette. L'interprétation des images est plus délicate que de simples résultats d'analyses. La radiographie a comme inconvénient par rapport à l'échographie d'émettre un rayonnement ionisant qui nécessite des mesures de radioprotection pour les manipulateurs.

Nous allons nous intéresser à la radiographie du thorax, de l'abdomen et des membres qui sont de loin les plus réalisées chez le poulain.

1. Radiographie thoracique

La radiographie thoracique se réalise en routine sur un poulain debout ou en décubitus latéral. La prise de cliché en position debout est souvent utilisée chez les poulains plus âgés mais le muscle triceps cache une partie des lobes crâniens. La position la plus pratique chez le jeune poulain est le décubitus latéral temporaire avec les membres antérieurs en extension vers l'avant afin de dégager le muscle triceps et voir tous les poumons. Avant la prise du cliché, il faut garder le poulain debout ou en décubitus sternal pour ne pas provoquer une atelectasie pulmonaire suite à un décubitus latéral prolongé. Il n'est pas toujours nécessaire de réaliser une vue latérale droite et une vue latérale gauche car une vue de face permet de latéraliser les lésions, mais il est peut-être nécessaire de réaliser deux vues du même côté pour visualiser

l'ensemble du thorax. Le cliché doit être pris au pic d'inspiration. Cet examen est aussi facile à réaliser chez le poulain que chez le chien.

Chez le poulain, la silhouette cardiaque occupe une plus grande proportion de la cavité thoracique par rapport à l'adulte. Dans les premières heures de vie, on peut observer une opacification interstitielle diffuse à cause d'une insufflation incomplète des poumons. Cette opacification est également présente chez les poulains prématurés et septicémiques, il est donc utile de réévaluer le poulain 24 à 48 heures après pour conclure. Après la naissance, on a également une bonne visibilité de la veine cave postérieure et de l'aorte et l'ombre du thymus peut être visible (37–40).

Il existe trois types d'opacification pulmonaire visibles en radiographie : l'opacification interstitielle, l'opacification bronchique et l'opacification alvéolaire. L'opacification interstitielle est l'anomalie radiographique la plus fréquente chez les poulains avec une atteinte pulmonaire. Elle correspond à une augmentation de l'opacité générale du poumon avec une perte de visualisation des vaisseaux pulmonaires en périphérie. Cette opacification apparaît en cas de pneumonie bactérienne ou virale, d'aspiration de méconium, d'immaturité pulmonaire, d'œdème pulmonaire, d'atélectasie suite à un décubitus prolongé ou de distension abdominale. L'opacification bronchique apparaît en cas d'augmentation d'épaisseur de la paroi des bronches. Sur le cliché, les bronches apparaissent comme des « rails de chemin de fer » ou des « donuts » selon la coupe. Une opacification bronchique suggère une maladie chronique, mais pas dans tous les cas. Enfin, l'opacification alvéolaire signifie que l'air dans les alvéoles est remplacé par un fluide (transsudat, exsudat ou sang) ou du tissu, ce qui leur donne une opacité tissulaire et non plus aérique. Plus il y a d'alvéoles concernées, plus on peut voir des bronchogrammes aériques (bronches avec une opacité aérique dans un poumon d'opacité tissulaire). Les bronchogrammes aériques sont un signe de remplissage complet de l'alvéole. L'opacification alvéolaire chez le poulain a pour cause une pneumonie bactérienne, une pneumonie par aspiration, un œdème pulmonaire ou un syndrome de détresse respiratoire néonatale. La corrélation entre les anomalies radiographiques et le degré de sévérité clinique est peu décrit mais une opacification alvéolaire généralisée indique une atteinte respiratoire sévère alors qu'une opacification interstitielle est associée à une atteinte plus modérée. Mais, en pratique, on retrouve régulièrement une combinaison des différents types d'opacification. En plus du type d'opacification, il faut s'intéresser à la localisation des lésions. En effet, une atteinte diffuse des lobes pulmonaires est commune en cas d'immaturité, d'atélectasie ou de pneumonie. Une atteinte caudo-dorsale est caractéristique d'une pneumonie par aspiration in utero quand le fœtus est en position dorso-pubienne ou du syndrome de détresse respiratoire. Une atteinte caudo-ventrale ou crânio-ventrale est caractéristique d'une pneumonie par aspiration de lait. Une atteinte nodulaire chez le poulain est évocatrice d'abcès pulmonaires, caractéristiques d'infection à *Rhodococcus equi*. Ils apparaissent comme des structures arrondies d'opacité liquidienne. Il est parfois possible de voir des lignes de niveau air-liquide au sein de la lésion (41). En centre de référent, les atteinte caudo-dorsales sont les plus fréquentes (38–40,42,43). En plus de permettre une évaluation des poumons, la radiographie thoracique permet de détecter la présence de liquide, d'air ou d'organes abdominaux dans l'espace pleural ainsi que d'évaluer la silhouette cardiaque.

Les manifestations cliniques des maladies respiratoires néonatales sont frustes et difficiles à détecter avec un seul examen physique du poulain. La radiographie thoracique constitue donc un examen important chez le poulain nouveau-né malade car il permet un diagnostic précoce des maladies respiratoires comme un foyer pulmonaire de septicémie ou une pneumonie par fausse déglutition. Elle permet aussi chez le poulain plus âgé de détecter d'autres pneumonies infectieuses comme la rhodococcose dont les images radiographiques sont assez évocatrices. Les gaz du sang artériels sont les indicateurs les plus sensibles de la fonction pulmonaire mais la radiographie apporte des informations comme la nature, l'extension et la localisation de la maladie. Elle permet également de suivre l'évolution de la maladie en réponse au traitement. La radiographie thoracique n'est pas l'examen le plus sensible pour détecter les fractures de côtes, ainsi l'échographie et le scanner sont bien plus indiquées pour ces cas. (38,39).

2. Radiographie abdominale

Contrairement à l'équidé adulte trop gros et difficile à pénétrer, le poulain peut justifier à une radiographie abdominale du fait de sa faible épaisseur. On l'examinera comme un grand chien. L'examen doit idéalement être réalisé sur un poulain debout pour avoir une meilleure visualisation des interfaces gazeuses et liquidiennes mais elle peut aussi se faire sur un poulain en décubitus latéral. Les constantes doivent être comprises entre 5 et 28 mAs et entre 80 et 120 kV (44). Il faut réaliser une vue latérale droite et une vue latérale gauche. Pour un jeune poulain, une seule vue de chaque côté est suffisante mais pour un poulain plus grand deux vues de chaque côté seront nécessaires pour visualiser l'intégralité de l'abdomen (44,45).

Chez les jeunes poulains, les structures abdominales sont plus difficiles à différencier car il y a moins de graisse abdominale. L'estomac occupe la partie crâniale de l'abdomen. Il a une place importante chez le jeune poulain puis il se déplace dorsalement avec l'augmentation de taille du côlon ascendant. Le fundus est repérable car il présente une ligne de niveau gaz-liquide. Le corps de l'estomac et le pylore sont habituellement remplis du bol alimentaire. L'intestin grêle occupe la plupart de l'abdomen chez le poulain et on peut y trouver des lignes de niveau en position debout. Le duodénum n'est visible qu'en vue latérale droite ou ventro-dorsale après administration de produit de contraste. La base du cæcum est visible dans l'abdomen caudal à droite et contient du gaz. Son apex est dans la région du processus xiphoïde mais on ne peut pas le voir sans produit de contraste. On peut distinguer les haustrations grâce aux lignes de niveau. Le côlon descendant se situe dans l'abdomen caudal à gauche, des lignes de niveau y sont visibles jusqu'à l'âge de huit semaines. Le côlon ascendant augmente de taille avec l'âge. Il présente de nombreuses haustrations.

L'utilisation de produit de contraste est indiquée dans certains cas pour l'étude du haut ou du bas appareil digestif. Un transit baryté permet de mettre en évidence un retard de vidange gastrique mais ne distingue pas une obstruction mécanique d'un iléus fonctionnel. Un lavement baryté est un test très sensible et très spécifique pour identifier les obstructions mécaniques du côlon comme les impactions par le méconium ou les atrésies du côlon (38,44-46).

Dans le tableau II, les principales anomalies radiographiques de l'abdomen sont associées à leurs causes chez le poulain.

Tableau II : Anomalies radiographiques de l'abdomen et leurs causes possibles chez le poulain

Anomalies radiographiques	Causes possibles
Distension gastrique	Le plus souvent secondaire à un problème de l'intestin grêle Ulcères gastro-duodénaux chez le poulain plus âgé
Distension de l'intestin grêle : diamètre supérieur à 1,1 fois la longueur de L1 Multiples lignes de niveau gaz-liquide	Iléus (mécanique ou paralytique)
Distension du gros intestin	Obstruction mécanique : - Impaction par le méconium - Torsion du côlon ascendant (rare)
Bande d'opacification aérique en position dorsale de l'abdomen, silhouette rénale et intestins plus visibles	Pneumopéritoine par rupture intestinale ou iatrogénique (abdominocentèse)
Air dans la paroi intestinale	Pneumatose intestinale due à une entérocolite nécrosante
Absence de communication entre le rectum et le côlon lors d'un lavement baryté	Atrésie du côlon

La radiographie abdominale est indiquée pour les poulains montrant des signes d'inconfort abdominal, une distension abdominale, une masse palpable ou du reflux gastrique. Elle est plus utile chez le poulain que chez l'adulte. Elle apporte des informations sur la localisation du problème mais rarement sur son étiologie exacte (sauf l'atrésie du côlon, par exemple) mais elle permet d'identifier la source d'une distension abdominale et la position des organes. Même si l'échographie abdominale est le premier examen complémentaire chez le poulain en colique, la radiographie reste un examen supplémentaire intéressant (38,44), permettant une vision d'ensemble de l'abdomen, et une détection assez spécifique de l'affection la plus fréquente qu'est la rétention de méconium.

3. Radiographie des membres

Lors d'atteinte des membres ou de boiterie chez le poulain, un examen clinique et orthopédique minutieux permet d'obtenir de nombreuses informations quant à la localisation du problème et aux premières hypothèses diagnostiques. Lors de radiographie des membres, il faut toujours réaliser au moins deux vues orthogonales pour pouvoir visualiser les éventuels traits de fractures, les fragments d'ostéochondrose ...

Chez les poulains, on peut avoir des fractures de Salter-Harris qui atteignent la physe osseuse et pouvant aller jusqu'à l'écrasement de la plaque de croissance (fracture de Salter-Harris de type V).

Dans le cas de déviations angulaires, le diagnostic est rapidement posé par un examen clinique du poulain mais la radiographie reste un examen indispensable. Elle permet de donner un diagnostic définitif sur l'origine et l'étendue de la déformation. La mesure des angles de déformation est importante pour la prise en charge thérapeutique. Le cliché doit être pris sur un poulain debout sans chercher à améliorer sa posture. Il faut prendre au minimum deux vues : dorso-palmaire/plantaire et latéro-médiale.

En cas de suspicion d'arthrite septique ou d'ostéomyélite, la radiographie permet de voir une éventuelle atteinte osseuse.

Malheureusement, la déminéralisation osseuse n'est pas visible avant une longue période d'évolution de la maladie donc un diagnostic précoce par la radiographie est impossible.

Chez les poulains prématurés, une ossification incomplète des carpes et/ou des tarses est courante. La radiographie permet de vérifier le degré d'ossification de ces os (39,47,48).

La radiographie est l'examen de choix pour l'évaluation du squelette appendiculaire que ce soit pour l'évaluation de déviations angulaires chez le jeune poulain ou du degré d'ossification chez le poulain prématuré. Elle est aussi importante pour la recherche de fracture, de fragments d'ostéochondrose, d'arthrite septique ou d'ostéomyélite même si les anomalies radiographiques associées à ces affections peuvent mettre du temps à apparaître et nécessiter l'utilisation d'autres examens complémentaires.

B. Echographie

L'échographie est un examen complémentaire qui présente de nombreux intérêts. Elle est facile à mettre en place même sur le terrain grâce à des appareils mobiles. Elle est non-invasive et n'émet pas de rayonnement ionisant. Elle donne des images en temps réel, ce qui est satisfaisant pour le propriétaire de par la rapidité du résultat mais aussi l'illustration du propos du vétérinaire. De plus, par rapport à la radiographie, l'échographie ne nécessite pas plusieurs prises de vue pour localiser une lésion. Il n'y a pas besoin non plus de prendre l'image au pic d'inspiration pour avoir une meilleure qualité d'image. Elle permet de visualiser plus précocement l'épanchement pleural qu'en radiographie. Et en cas d'épanchement, l'image obtenue n'est pas dégradée (49). Par contre, c'est un examen qui est très opérateur dépendant et qui ne permet pas une vue globale du thorax, ni de détecter des lésions en profondeur.

Pour réaliser une échographie, il est conseillé de tondre le poulain si possible pour obtenir de meilleures images. Il est également recommandé d'utiliser du gel échographique tiède car il sera mieux toléré par le poulain et il apporte une meilleure qualité d'image. Si le poulain est trop agité et ne supporte pas la contention, une sédation peut être nécessaire pour réaliser l'examen dans de bonnes conditions et limiter les risques pour le manipulateur et l'imageur (50).

Nous allons étudier l'échographie de l'abdomen, du thorax, des articulations, du cœur, des veines jugulaires et de la région oculaire, qui sont de loin les examens échographiques les plus réalisés.

1. Echographie abdominale

L'échographie abdominale est très intéressante chez le poulain car de nombreux organes sont visible du fait de la plus petite taille par rapport à un adulte et il y a une plus grande incidence de maladies liées à l'intestin grêle que chez l'adulte (50).

Les indications de l'échographie abdominale chez le poulain sont les coliques, la distension abdominale, l'évaluation du foie, de la rate, des reins, de la vessie et des structures de l'Ouraque. Elle permet de détecter la présence de liquide dans la cavité péritonéale ou encore de caractériser une masse détectée par palpation ou radiographie. Elle est également indiquée en cas de fièvre ou d'une leucocytose d'origine indéterminée. L'échographie abdominale permet de détecter les cas nécessitant une chirurgie. Pour le choix de la sonde, une sonde linéaire de 4 à 7 MHz suffit à visualiser la majorité des structures abdominales mais une sonde curviligne de 6 MHz apportera des images de meilleure qualité (18,45,51).

a. Echographie des organes gastro-intestinaux

Il est préférable de laisser le poulain debout afin que les organes aient leur position anatomique normale mais si ce n'est pas possible le poulain peut être mis en décubitus latéral pour l'examen (44,50).

Le long de la paroi abdominale à gauche, on visualise l'estomac médialement à la rate, du 8^{ème} espace intercostal (EIC) jusqu'au 12^{ème} EIC. Chez le nouveau-né, l'estomac peut être en contact avec la paroi abdominale cranio-ventrale et ce jusqu'à sept jours d'âge. Au niveau de la paroi abdominale droite, le duodénum passe entre le foie et le côlon dorsal droit après le pylore, puis il est ventral et caudal au lobe droit du foie et au pôle caudal du rein droit. Au niveau de la paroi abdominale ventrale, on peut voir le jéjunum au niveau de la ligne blanche puis légèrement sur la gauche en région ombilicale. On peut aussi visualiser le côlon ascendant sur le reste de la paroi abdominale ventrale et le côlon descendant dorsalement à la vessie. Lorsque les anses intestinales sont remplies de gaz, il y a une ligne hyperéchogène le long de la paroi intestinale sans image derrière. Lorsqu'elles sont remplies de liquide, on voit un tube avec un contenu hypoéchogène, avec souvent du péristaltisme observable (45,50,52).

Dans le tableau III, les principales anomalies échographiques des organes gastro-intestinaux sont associées à leurs causes chez le poulain (44,45,50).

Tableau III : Anomalies échographiques des organes gastro-intestinaux et leurs causes possibles chez le poulain

Anomalies échographiques	Causes possibles
Structures distendues par du liquide (estomac, intestin grêle, gros intestin), épaissement de la paroi gastrique (supérieure à 7mm) ou intestinale (supérieure à 3-4mm), troubles de la motilité intestinale (hyper ou hypomotilité), contenu intestinal anormal	Coliques
Épaississement diffus de la paroi intestinale avec des troubles de la motilité intestinale (hyper ou hypomotilité)	Entérite
Masses hyperéchogènes ou d'échogénicité mixte dans un intestin hypomotile, avec une dilatation liquidienne en amont	Impaction par le méconium
Anse intestinale en U avec une distension gazeuse ou liquidienne puis une anse collapsée en aval	Obstruction mécanique
Absence de motilité ou hypomotilité	Iléus
Intestin en cocarde avec un épaissement local de la paroi intestinale	Intussusception, le plus souvent jéjuno-jéjunale chez le poulain, visible si proche de la paroi abdominale
Épaississement local de la paroi intestinale et iléus	Volvulus
Fluide anéchogène en quantité excessive	Uropéritoine ou transsudat causé par l'entérite/la colite/la strangulation ou péritonite septique
Masses multifocales	Abcès abdominaux (ex : <i>Rhodococcus equi</i>)

b. Echographie du foie

Du côté droit, le foie est visible entre les 7^{ème} et 14^{ème} EIC et du côté gauche, il est visible seulement entre les 6^{ème} et 10^{ème} EIC car le lobe gauche est plus petit. Il se trouve immédiatement derrière le diaphragme. Caudalement au foie, à droite on a le duodénum, le côlon dorsal droit, le rein droit. Caudalement et médialement à gauche on a la rate. Chez le poulain le foie est en contact avec la paroi abdominale cranio-ventrale pendant quatre à huit semaines. Le parenchyme hépatique est échogène mais moins que la rate, il est ponctué régulièrement par les vaisseaux hépatiques. Il est important de mesurer la taille du foie, de voir les anomalies dans le parenchyme hépatique et vérifier la dilatation des voies biliaires (45,50,52).

Dans le tableau IV, les principales anomalies échographiques du foie sont associées à leurs causes chez le poulain (44,45,50,52).

Tableau IV : Anomalies échographiques du foie et leurs causes possibles chez le poulain

Anomalies échographiques	Causes possibles
Abcès multifocaux hyperéchogènes dans le parenchyme hépatique, avec un contour plus ou moins défini selon le stade de maturation de l'abcès	Hépatite bactérienne secondaire à une septicémie ou secondaire à une infection ascendante de la veine ombilicale (moins fréquent)
Épaississement des voies biliaires avec un contenu échogène	Cholangio-hépatite (secondaire à des ulcères gastro-duodénaux chez le poulain)
Parenchyme hépatique hyperéchogène avec un foie de taille normale à diminuée	Affection hépatique chronique
Hépatomégalie (foie dépassant de la cage thoracique) et hyperéchogénicité diffuse du parenchyme hépatique	Maladie de Tyzzer (rare)

c. Echographie des structures ombilicales

L'échographie de l'ombilic est facile à réaliser chez le poulain car les différentes structures sont proches de la peau. D'un point de vue anatomique, l'ombilic correspond à la sortie du canal de l'Ouraque, des artères ombilicales et de la veine ombilicale au niveau de l'abdomen caudo-ventral. Le canal de l'Ouraque va de l'apex de la vessie à l'ombilic le long de la ligne blanche. Il n'est pas toujours facile à visualiser car il régresse avec l'âge pour devenir le ligament médial de la vessie. Sa communication avec la vessie est plus visible en coupe longitudinale. Il se voit bien en cas de persistance ou lorsqu'il est rempli de liquide. La veine ombilicale est une structure superficielle à fine paroi qui va de l'ombilic jusqu'au foie le long de la ligne blanche. Sa taille diminue avec l'âge car elle devient le ligament rond et une partie du ligament falciforme du foie et elle est donc plus difficile à visualiser. Chez le poulain de moins de 24 heures, elle mesure jusqu'à 10mm. Chez le poulain de sept jours, elle doit mesurer moins de 7mm. Elle ne doit pas présenter d'hétérogénéité. Les artères ombilicales prennent naissance au niveau des artères iliaques internes et elles passent latéralement de chaque côté de la vessie pour encadrer le canal de l'Ouraque jusqu'à l'ombilic. Ce sont des structures à paroi épaisse qui peuvent avoir un contenu échogène à hyperéchogène. Avec l'âge, elles régressent pour devenir le ligament rond de la vessie. Chez le poulain de moins de 24 heures, elles mesurent jusqu'à 13mm. Chez le poulain de sept jours, elles mesurent moins de 10mm. Le moignon de l'ombilic doit être mesuré : il doit faire moins de 18mm à 24 heures d'âge et moins de 15 mm à sept jours. Lors d'une échographie de l'ombilic, il faut réaliser une coupe longitudinale et transversale des vaisseaux et les suivre sur le plus de longueur possible. On cherche une dilatation des vaisseaux, un épaississement de la paroi, des abcès ou du gaz. Il faut également vérifier la vessie, le foie et les intestins adjacents (44,45,50).

Dans le tableau V, les principales anomalies échographiques des structures ombilicales sont associées à leurs causes chez le poulain (44,45,50,52).

Tableau V : : Anomalies échographiques des structures ombilicales et leurs causes possibles chez le poulain

Anomalies échographiques	Causes possibles
Vaisseaux de taille augmentée, avec une paroi épaissie et contenu échogène à hypoéchogène. Œdème des tissus mous adjacents. Possible présence d'abcès avec une capsule hyperéchogène. Parfois présence de gaz avec des échos hyperéchogènes.	Infection des vestiges ombilicaux : omphalite, omphaloartérite ou omphalophlébite selon les structures atteintes (fréquente chez le jeune poulain et pouvant conduire à une septicémie chez le nouveau-né). La présence de gaz indique une infection par des bactéries anaérobies.
Vaisseaux de taille augmentée pouvant contenir des caillots. Liquide d'épanchement.	Hémorragie ombilicale
Liquide anéchogène dans le canal de l'Ouraque en continuité avec la vessie et l'ombilic	Persistance du canal de l'Ouraque
Interruption de la paroi musculaire abdominale	Hernie ombilicale : il faut identifier le contenu du sac herniaire

d. Echographie de la vessie

La vessie est proche de la paroi ventrale de l'abdomen jusqu'à quatre à huit semaines après la naissance du poulain. Après, le côlon ascendant se place entre la vessie et la paroi abdominale et la vessie n'est plus visible qu'en région caudo-ventrale et mi-latérale de l'abdomen jusqu'à six mois d'âge. La vessie est facilement reconnaissable par sa structure anéchogène ronde entourée d'une paroi hyperéchogène. Il faut la regarder en coupe transverse et sagittale et étudier l'aspect de son contenu (45,52).

Dans le tableau VI, les principales anomalies échographiques de la vessie sont associées à leurs causes chez le poulain (44,45,50,52).

Tableau VI : Anomalies échographiques de la vessie et leurs causes possibles chez le poulain

Anomalies échographiques	Causes possibles
Liquide anéchogène dans la cavité péritonéale où flottent les organes gastro-intestinaux. Vessie repliée sur elle-même. Vessie non visualisable après une fluidothérapie. Liquide s'échappant des organes du tractus urinaire vers la cavité péritonéale.	Uropéritoine par rupture des voies urinaires (affecte les poulains de moins de sept jours). L'observation d'une vessie pleine n'exclut pas la possibilité d'un uropéritoine.
Paroi vésicale épaissie Fibrine et liquide hyperéchogène dans la cavité péritonéale	Cystite nécrosante (affecte les poulains plus âgés)

e. Echographie des reins

Le rein droit est situé ventralement aux processus transverses entre les 14 et 16^{ème} EIC, à la hauteur de la tubérosité coxale. Il est en rapport avec le foie au niveau de son pôle crânial et du duodénum et du cæcum au niveau de son pôle caudal. Il a une forme en cœur. Le rein gauche se situe du 17^{ème} EIC à la fosse para-lombaire à la hauteur de la tubérosité coxale. Il est médial par rapport à la rate. Il a une forme de haricot. Médialement aux deux reins se trouvent l'aorte et la veine cave caudale. Chez les poulains de moins de six mois, le rein gauche est significativement plus long et le rein droit plus large. Le rein est entouré d'une fine capsule hyperéchogène. Le cortex est homogène et hypoéchogène par rapport aux tissus environnants. Comme chez l'adulte le cortex rénal est moins échogène que le foie. La médulla est encore moins échogène que le cortex et le pelvis rénal est hyperéchogène (45,50,52). Une discrète dilatation pyélique est souvent observée de manière physiologique.

Dans le tableau VII, les principales anomalies échographiques des reins sont associées à leurs causes chez le poulain (50,52).

Tableau VII : Anomalies échographiques du rein et leurs causes possibles chez le poulain

Anomalies échographiques	Causes possibles
Parenchyme rénal hyperéchogène de manière diffuse ou multifocale	Néphrite embolique d'origine infectieuse (septicémie le plus souvent)
Dilatation du pelvis rénal	Hydronéphrose, hydro-uretère causée par une obstruction du tractus urinaire
Reins de taille augmentée et d'échogénicité anormale (hypoéchogènes ou hyperéchogènes) Épaississement du cortex	Insuffisance rénale aiguë (secondaire à une asphyxie peripartum par exemple ou à l'administration de médicaments néphrotoxiques)
Anomalie de forme du rein	Anomalie congénitale : reins polykystiques, hypoplasie rénale, rein ectopique

f. Echographie de la rate

La rate occupe la majorité de la surface de la paroi abdominale gauche. Sa taille, sa forme et sa localisation peuvent varier. Le plus souvent elle s'étend du 7^{ème} EIC jusqu'à la fosse para-lombaire. Médialement à la rate on trouve l'estomac puis le côlon dorsal gauche, et ventralement, on a le côlon dorsal et ventral gauche. Son parenchyme est assez échogène et est entouré par une capsule. Les affections de la rate sont rares chez le poulain. Toutefois des hématomes, des abcès et/ou un héméoabdomen peuvent survenir et ont principalement une origine traumatique (45,50,52).

L'échographie abdominale est indiquée chez le poulain pour investiguer les causes de coliques, mais aussi pour mettre en évidence des signes d'uropéritoine ou d'atteinte des structures ombilicales potentiellement source de septicémie chez le poulain nouveau-né.

2. Echographie thoracique

Les structures tissulaires thoraciques peuvent être visualisées dans les espaces intercostaux à l'aide d'une sonde micro-convexe à une fréquence de 4 à 8 MHz. Une sonde linéaire comme celle d'imagerie transrectale peut aussi être utilisée et donner des images satisfaisantes. Cette sonde peut être intéressante pour regarder les côtes et les structures superficielles (49).

En échographie thoracique, il faut commencer par évaluer l'espace pleural : son épaisseur, la présence de liquide (liée à un épanchement ou une hémorragie), la présence de gaz en partie dorsale (liée à un pneumothorax) et le signe du glissement de la plèvre avec les mouvements respiratoires. Ensuite, on peut s'intéresser au parenchyme pulmonaire. Chez un poumon sain, on peut voir une série de lignes blanches parallèles derrière la plèvre, c'est un artéfact de réverbération, lié à la présence de gaz dans les poumons. Il n'apporte pas d'information sur l'état du parenchyme pulmonaire et peut cacher une lésion située en profondeur par rapport à une zone de poumon sain. Un poumon anormal ne produit pas cet artéfact de réverbération. (49) On peut y voir des zones hypoéchogènes mal définies laissant passer les ondes ultrasonores car non-remplies d'air : elles correspondent à des zones de consolidation pulmonaire. On peut aussi voir des abcès pulmonaires qui apparaissent comme des zones hypoéchogènes entourées par une capsule. Souvent associé à ces zones de poumons où s'accumule une petite quantité de fluide (exsudat, sang, mucus, liquide inflammatoire), on retrouve des queues de comètes qui sont des lignes blanches verticales (aussi appelées lignes B). Enfin on évalue les côtes pour mettre en évidence des fractures. L'échographie est le meilleur examen de première intention pour détecter les fractures de côtes (50,53).

Dans le tableau VIII, les principales anomalies échographiques du thorax sont associées à leurs causes chez le poulain (49,53).

Tableau VIII : Anomalies échographiques du thorax et leurs causes possibles chez le poulain

Anomalies échographiques	Causes possibles
Épaississement de la plèvre Queues de comètes Consolidations pulmonaires Parfois abcès	Pneumonie infectieuse
Queues de comètes, parfois coalescentes	Œdème pulmonaire ou pneumonie interstitielle
Discontinuité de la surface de la côte (légère à totale) possiblement associée à des irrégularités pleurales, un épanchement dans les tissus adjacents, des lésions pulmonaires (queues de comètes ou consolidations pulmonaires)	Fracture de côte (le plus souvent, touche les premières côtes derrière l'épaule à moins de 3 cm de la jonction costo-chondrale)

L'intérêt de l'échographie thoracique est de visualiser des lésions qui apparaissent avant les signes cliniques et ainsi permettre une intervention plus précoce sur la gestion du cas. Elle permet également de déterminer précisément la localisation des lésions dans les affections pulmonaires et pleurales et de voir leur évolution en réponse au traitement mis en place.

Toutefois, les lésions situées trop en profondeur ne pourront pas être visualisées, il est donc intéressant de compléter cet examen par une radiographie thoracique. L'échographie thoracique est fortement indiquée en cas de suspicion de pneumonie à *Rhodococcus equi*. En cas d'infection, il est recommandé d'effectuer une culture microbienne pour en déterminer l'étiologie (39,49,53,54).

L'échographie thoracique est un outil complémentaire à la radiographie thoracique dans la recherche de signes précoces d'atteinte pulmonaire telle que la pneumonie à l'origine d'une septicémie, la pneumonie par fausse déglutition, la pneumonie à *Rhodococcus equi* ou les fractures de côtes.

3. Echographie ostéoarticulaire

L'échographie articulaire est facile à pratiquer, seule une tonte et une humidification de la peau sont nécessaires. Elle nécessite cependant de bonnes connaissances sur l'anatomie des articulations et les particularités ostéoarticulaires du poulain en croissance ainsi que de la pratique. Les articulations du boulet et du grasset sont les plus simples pour commencer à pratiquer.

De manière générale, pour chaque articulation, il faut évaluer : le liquide et la membrane synoviale, les ligaments, les capsules articulaires, les marges articulaires et le cartilage. Le liquide synovial normal est complètement anéchogène. Les ligaments sont échogènes avec parfois des variations d'échogénicité sur une même coupe selon l'orientation des fibres. Les marges articulaires apparaissent comme des surfaces osseuses hyperéchogènes régulières et lisses. Le cartilage articulaire correspond à une bande hypo à anéchogène régulière située entre la membrane synoviale et l'os sous-chondral. S'il est plus épais et hétérogène chez le poulain que chez l'adulte et parfois plus échogène, il doit toujours avoir une surface lisse. L'os sous-chondral peut avoir des contours irréguliers pendant la croissance. Chez le poulain, on peut également vérifier les plaques de croissance qui apparaissent comme un espace hypoéchogène entre la métaphyse et l'épiphyse perpendiculairement au grand axe de l'os, qui interrompt la ligne hyperéchogène formée par la corticale de l'os. Cette ligne ne doit pas être interprétée comme une fracture. Il est également physiologique chez le poulain que le bord externe de la métaphyse soit irrégulier et cela ne doit pas être confondu avec une réaction périostée. (55–57)

Dans le tableau IX, page suivante, les principales anomalies échographiques des articulations sont associées à leurs causes chez le poulain (55,56).

L'échographie apporte de nombreuses informations de manière non-invasive mais elle ne permet pas de visualiser l'intégralité de certaines articulations de par leur conformation anatomique. Elle permet de visualiser surtout les parties molles des articulations et les lésions ostéochondrales précoces. Il est donc intéressant de coupler l'échographie avec la radiographie. Pour améliorer la sensibilité et la spécificité de l'échographie, il faut comparer les images obtenues avec celles du membre controlatéral. L'échographie articulaire reste un examen plus sensible que la radiographie pour détecter les modifications des marges articulaires. Cependant même si elle permet de suspecter une arthrite septique, une analyse du liquide synovial reste nécessaire pour confirmer le diagnostic (55–57).

Tableau IX : Anomalies échographiques des articulations et leurs causes possibles chez le poulain

Anomalies échographiques	Causes possibles
Liquide synovial échogène et homogène	Arthrite septique
Liquide synovial échogène et hétérogène	Hémarthrose
Membrane synoviale épaissie	Synovite
Matériel hyperéchogène avec une ombre acoustique en contact avec la membrane synoviale	Fragment d'ostéochondrose
Ligament épaissi avec des zones anéchogènes	Desmite (souvent associée à une synovite secondaire)
Echogénicité osseuse anormale de la marge articulaire	Lyse osseuse périarticulaire
Élévation de la marge articulaire	Ostéophyte périarticulaire
Épaississement du cartilage	Fibrillation cartilagineuse

L'échographie des structures osseuses et articulaires est à faire en cas de suspicion d'arthrite septique (que ce soit pour la recherche d'un foyer de septicémique chez le nouveau-né ou d'origine traumatique chez le poulain plus âgé) et en cas de plaie au niveau des membres pour évaluer les différentes structures atteintes.

4. Echographie cardiaque

L'échocardiographie est un examen qui peut être pratiqué sur un poulain debout ou en décubitus (latéral ou sternal). La majorité de l'examen se fait à partir du 4^{ème} IC droit en plaçant l'épaule droite en extension. Une fois toutes les images obtenues et les mesures effectuées, on peut passer de l'autre côté, au niveau du 4^{ème} EIC gauche. Il est recommandé d'avoir une approche systématique lors de cet examen. Chez le poulain, l'échocardiographie permet de détecter les anomalies cardiaques congénitales. Comme ces anomalies peuvent être variées, il est parfois difficile de reconnaître les différentes structures, il faut donc être méthodique pour comprendre les relations entre les différentes structures. Il faut utiliser une sonde spéciale pour la cardiologie (sonde sectorielle de 2 à 5 MHz) et les différents modes à disposition : mode B bi-dimensionnel, mode M temps-mouvement et Doppler. De nouvelles techniques comme TDI (Tissue Doppler Imaging), 2DST (Two Dimensionnal Speckle tracking) et l'échographie 3D en temps réel se sont développées mais il est nécessaire de rester prudent quant à leur intérêt diagnostique et pronostique. La valeur clinique de ces nouveaux indices n'a pas encore été prouvée (58,59).

Dans le tableau X, les principales anomalies échographiques cardiaques sont associées à leurs causes chez le poulain (58).

Tableau X : Anomalies échographiques cardiaques et leurs causes possibles chez le poulain

Anomalies échographiques	Causes possibles
Région anéchogène au niveau du septum ventriculaire	Communication interventriculaire
Structure tubulaire hypoéchogène entre l'aorte et l'artère pulmonaire (difficile à voir en pratique)	Persistance du canal artériel (normal en début de vie)
Région anéchogène dans la partie centrale du septum atrial	Persistance du foramen ovale
Valves épaissies avec un amas hypoéchogène	Endocardite infectieuse avec végétations valvulaires
Flux turbulent au niveau d'une valve	Régurgitation valvulaire

L'échocardiographie est l'examen de choix pour l'investigation d'un souffle cardiaque chez le poulain. Elle apporte des informations structurales et fonctionnelles que ne permettent pas d'avoir la radiographie thoracique où l'on peut seulement voir une cardiomégalie et des changements de taille des vaisseaux, sans être spécifique. Les mesures obtenues sont un indicateur pronostic pour la survie du poulain (58).

5. Echographie des veines jugulaires

Les veines jugulaires sont un site préférentiel pour les injections par voie intraveineuse et la pose de cathéter chez le poulain. Elles sont donc plus sujettes aux thromboses et thrombophlébites. L'échographie des veines jugulaires est un examen rapide à réaliser en cas de suspicion clinique. Elle permet à la fois le diagnostic et le suivi de ces affections (60,61).

Il est important de réaliser des coupes transversales et longitudinales de la veine et d'examiner particulièrement la zone entre le point d'implantation du cathéter et son extrémité distale car c'est une zone privilégiée pour la formation de thrombus. On recherche des changements d'échogénicité intravasculaire et périvasculaire, une hétérogénéité dans la lumière de la veine mais aussi une modification d'épaisseur des parois veineuses (61).

Dans le tableau XI, les principales anomalies à l'échographie des veines jugulaires sont associées à leurs causes chez le poulain (60,61).

Tableau XI : Anomalies échographiques des veines jugulaires et leurs causes possibles chez le poulain

Anomalies échographiques	Causes possibles
Épaississement de la paroi vasculaire avec une masse intraluminale hypoéchogène à échogène attachée à l'endothélium causant une distension veineuse et un flux turbulent en amont	Thrombophlébite
Masse échogène dans la lumière de la veine, attachée à l'endothélium avec occlusion partielle ou totale du flux veineux.	Thrombus veineux
Tissu conjonctif péri veineux hyperéchogène avec parfois des logettes anéchogènes	Périphlébite avec parfois un abcès

L'échographie jugulaire est peu réalisée sur le terrain mais elle a plus d'intérêt pour les cas hospitalisés dès lors qu'un cathéter veineux est mis en place et que la veine perd sa souplesse et sa perméabilité.

6. Echographie oculaire

L'échographie de l'œil est un examen non-invasif qui apporte des informations précieuses que l'on ne peut obtenir avec un simple examen clinique. C'est donc une étape essentielle de l'examen oculaire chez le cheval. Chez le poulain, une simple tranquillisation suffit à la réalisation de l'échographie. Un bloc auriculo-palpébral peut être réalisé pour obtenir une akinésie et un relâchement de la paupière supérieure ainsi qu'une anesthésie locale de la cornée avec un collyre anesthésique particulièrement lors d'abord transcornéen. En effet, il existe deux voies d'abord pour réaliser une échographie oculaire. Pour l'abord transcornéen, on utilise une sonde linéaire que l'on place directement contre la cornée. Elle donne une excellente qualité d'image mais elle peut être moins bien tolérée par le poulain. Elle nécessite l'utilisation d'un gel échographique stérile spécial. Cette technique est contre-indiquée en cas de perforation cornéenne. L'autre voie d'abord est transpalpébrale. La sonde linéaire est placée contre la paupière supérieure où un peu de gel échographique a été appliqué. Cette technique est plus facile à mettre en œuvre car elle est mieux tolérée par l'animal. Les images restent de bonne qualité avec cette technique c'est pourquoi elle est la plus réalisée en pratique. Il est recommandé de faire cet examen sur les deux yeux du poulain (62,63).

La cornée apparaît comme une bande anéchogène (le stroma) entourée de deux lignes hyper échogènes (l'épithélium et l'endothélium). Derrière la cornée, on peut observer la chambre antérieure. Elle est normalement parfaitement anéchogène ou présente des artéfacts de réverbération. La chambre postérieure n'est pas visible en raison de sa petite taille. On peut aussi voir l'iris et les corps ciliaires dont il faut vérifier l'épaisseur et la forme. Parfois, on peut identifier des grains iriens qui apparaissent comme des petites masses échogènes le long du bord dorsal de l'ouverture pupillaire. Le cristallin, lui, est anéchogène sauf les contours de sa capsule qui forment des lignes hyperéchogènes. Il faut étudier sa taille, son échogénicité et sa

position. Enfin, le corps vitré constitue une cavité anéchogène derrière le cristallin. Enfin la paroi postérieure de l'œil est constituée du complexe rétine, choroïde et sclère qui ne peuvent pas être différenciées en échographie (62,63).

Dans le tableau suivant, les principales anomalies échographiques de l'œil sont associées à leurs causes chez le poulain (62,63).

Tableau XII : Anomalies échographiques de l'œil et leurs causes possibles chez le poulain

Anomalies échographiques	Causes possibles
Épaississement diffus et augmentation de l'échogénicité de la cornée	Œdème cornéen
Plages hypoéchogènes avec un épaississement de la cornée	Abcès stromal
Irrégularités de l'endothélium cornéen et épaississement de la cornée avec parfois un amincissement focal et/ou la présence de bulles de gaz	Ulcère cornéen
Éléments échogènes dans la chambre antérieure	Hyphéma ou hypopion traduisant une uvéite antérieure. L'hypopion peut être un signe de septicémie chez le poulain.
Modifications de forme de l'iris qui est accolée à la cornée ou au cristallin	Synéchies (antérieures ou postérieures) traduisant une inflammation endo-oculaire
Éléments échogènes dans le cristallin	Cataracte congénitale (35,3 % des affections oculaires congénitales) uni ou bilatérale
Position anormale du cristallin (dans la chambre antérieure ou le corps vitré)	Luxation du cristallin

L'échographie oculaire est un examen rapide et facile à mettre en œuvre chez le poulain. Il est très utile en cas de perte de transparence du segment antérieur de l'œil, rendant impossible la visualisation complète de l'œil avec une lampe à fente ou un ophtalmoscope. Toutefois, il n'est pas toujours réalisé car la principale cause de perte de transparence du segment antérieur chez le poulain est l'hypopion qui est souvent signe de septicémie.

C. Scanner

Le scanner est un examen complémentaire rapide, de haute résolution, tri-dimensionnel mais avec un coût élevé. Cependant, réaliser un scanner corps entier revient moins cher que de réaliser un bilan radiographique et échographique complet (thorax, abdomen et articulations), dans le cas d'une recherche de foyers infectieux multiples en cas de septicémie. Sa disponibilité est en augmentation, surtout chez le poulain. Il est contraignant car il requiert du personnel qualifié et une bonne anesthésie du poulain. Aujourd'hui, les principales limites du scanner sont sa disponibilité et son coût (39,64).

L'utilisation du scanner est indiquée chez le poulain pour des évaluations orthopédiques, intra-crânielles, pulmonaires et des autres grandes cavités mais elle a un intérêt particulier en cas de sepsis disséminé pour un bilan lésionnel complet.

C'est un examen plus sensible que les autres examens d'imagerie (radiographie et échographie) pour la caractérisation des affections pulmonaires et il est moins impacté par les mouvements respiratoires que la radiographie (49,65,66). Il permet de caractériser les anomalies structurales du poumon mais aussi de suivre l'évolution de la maladie.

Le scanner permet aussi de mettre en évidence des lésions d'ostéomyélite avant qu'elles ne soient visibles à la radiographie (39). Il est considéré par certains auteurs comme le « gold standard » en termes d'imagerie médicale pour l'identification des lésions d'arthrite septique, de physite et d'ostéomyélite chez le poulain, parce qu'il a une meilleure sensibilité pour la détection de lésions osseuses. De plus, comme il s'agit d'une technique d'imagerie en coupes, il n'y a pas de superposition, ce qui permet une évaluation précise des articulations complexes (67). Le scanner permet de mieux prévoir l'évolution des cas et il apporte également de meilleures informations sur l'approche chirurgicale ou la prise en charge médicale la plus adaptée. Une étude a montré que le scanner donnaient des images précises des changements osseux et tissulaires en cas d'abcès, de luxation coxo-fémorale, de défauts d'ossification, d'hématome intracrânien, de sinusite, d'ostéomyélite, d'arthrite, de physite et de fracture(68).

D. Imagerie par Résonance Magnétique

L'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) est un outil de choix pour l'imagerie du système squelettique et neurologique. Elle est principalement utilisée pour les membres ou la tête chez le cheval adulte car elle permet une excellente visualisation des tissus mous et des lésions osseuses (69,70). Elle permet également une bonne visualisation des lésions neurologiques notamment grâce à l'utilisation de produits de contraste et elle permet de mettre en évidence des lésions telles que des hématomes sous-duraux ou des hémorragies dans le parenchyme cérébral (64), ce qui constitue son intérêt principal chez le poulain. Contrairement au scanner, son utilisation reste anecdotique chez le poulain.

C'est une technique d'imagerie qui nécessite une bonne connaissance pour régler correctement les différentes séquences et interpréter les images obtenues. Elle nécessite également des précautions et des règles de sécurité lors de son utilisation du fait de l'utilisation d'un haut champ magnétique. C'est également un examen qui nécessite une anesthésie, il n'est donc pas anodin pour le patient. Ainsi, pour réaliser une IRM haut-champ sur un cheval, toute une équipe est nécessaire pour gérer et déplacer le cheval anesthésié, régler la machine et analyser les images. L'IRM n'est pas un examen complémentaire accessible pour tous les vétérinaires mais elle devient de plus en plus disponible dans les grandes cliniques vétérinaires. Elle n'est pas un examen complémentaire de première intention, elle doit être réalisée après d'autres examens d'imagerie telles que la radiographie et l'échographie (69).

<p>Le scanner est une technique d'imagerie en plein développement. Avec l'IRM, elles permettent d'obtenir des images souvent plus précises et un diagnostic plus précoce qu'avec l'imagerie conventionnelle. De plus en plus de grandes structures en possèdent et leur coût reste assez élevé.</p>
--

ETAT DES LIEUX DE L'UTILISATION DES EXAMENS COMPLEMENTAIRES A LA CLINEQUINE CHEZ LES POULAINS DE MOINS D'UN AN

I. DESCRIPTION DE L'ETUDE

A. Objectifs

Le premier objectif de cette étude est d'analyser l'utilisation des examens complémentaires chez les poulains dans un grand centre hospitalier, la Clinéquine. Cette étude porte à la fois sur les analyses sanguines (hématologie et biochimie sanguine) et sur les examens d'imagerie médicale (radiographie, échographie, IRM et scanner). Il s'agit de comparer quels sont les examens les plus utilisés et de mettre en évidence une influence de l'âge du poulain ou de la pathologie présentée.

Le second objectif est de décrire les principales anomalies et lésion visibles au cours des examens complémentaires chez le poulain puis d'analyser l'effet de l'âge et de la pathologie présentée sur les anomalies observées.

Enfin, cette étude cherche à établir des valeurs de référence pour les paramètres sanguins chez le poulain. Il s'agit d'utiliser les données de poulains considérés comme sains et ayant reçu un bilan sanguin et de comparer les valeurs de référence calculées avec celles de la littérature et des automates utilisés à la Clinéquine. Cet objectif ne sera réalisable seulement si le nombre de données est suffisant.

B. Echantillon sélectionné

Les poulains sélectionnés pour l'étude sont des poulains ayant été hospitalisé ou admis en consultation à la Clinéquine avant l'âge d'un an et nés entre le 1^{er} janvier 2016 et le 31 décembre 2020. Les poulains venus pour accompagner leur mère ou pour surveillance du poulinage qui étaient en bonne santé au cours de leur hospitalisation ont été exclus de l'étude car leur visite n'était pas pour l'investigation d'une pathologie. Ceux qui accompagnaient leur mère mais qui ont développé une pathologie pendant leur hospitalisation ou dont une pathologie a été découverte à l'admission ont été gardés dans l'étude. Les poulains hospitalisés pour castration ont été exclus de l'étude car ils étaient en bonne santé et aucune investigation clinique n'a été menée. Ainsi, c'est 267 poulains qui ont été inclus dans l'étude et dont le dossier a été étudié. Pour définir les valeurs de référence, les données ont été prises chez des poulains hospitalisés mais dont la pathologie n'affecte pas les valeurs des paramètres sanguins (déviations angulaires, contractures tendineuses, anomalies congénitales sans répercussions systémiques) et n'ayant reçu aucun traitement. Cinquante-cinq poulains répondent à ces critères.

C. Plan d'expérience et analyses statistiques envisagées

Pour chaque dossier des 267 poulains, les données suivantes ont été notées dans un classeur Excel : numéro de dossier Clovis, sexe, âge du poulain à l'admission et âge pour chaque examen complémentaire effectué, le diagnostic posé, le type de traitements reçu, les valeurs des paramètres sanguins analysés et les anomalies visibles lors des examens d'imagerie. Chaque poulain a été classé dans une catégorie d'affection au vu du diagnostic établi lors de son hospitalisation. Chaque poulain dont les données pouvaient être utilisées pour définir des valeurs de référence ont été identifiés. Tous les comptes-rendus d'hospitalisation Clovis sont validés par des cliniciens spécialistes du Collège Européen de Médecine Equine ou de Chirurgie ayant pris en charge le cas et tous les examens d'imagerie sont interprétés par des vétérinaires spécialistes du Collège Européen d'Imagerie Médicale.

Pour chacun des objectifs de l'étude, plusieurs analyses statistiques ont été envisagées.

Une analyse descriptive de l'utilisation des examens complémentaires a été réalisée d'abord au sein de l'effectif total, puis dans les différentes classes d'âges et dans les différentes catégories d'affection, à l'aide d'Excel et R studio. Des tests du chi 2 d'indépendance ont été réalisés pour déterminer si les fréquences d'utilisation des examens complémentaires étaient significativement différentes entre les classes d'âge et les catégories d'affection. Le seuil de significativité a été établi à une valeur de p-value inférieure à 0,05. Le test n'a été utilisé que si les effectifs théoriques calculés étaient tous supérieurs à cinq.

Pour la description des principales anomalies observées au cours des examens complémentaires, une première analyse descriptive a été réalisée avec Excel et R studio dans l'effectif total et au sein des différentes classes d'âges et catégories d'affection. Ensuite, au vu des résultats de cette première analyse, des modèles de régression logistique ont été réalisés sur R studio pour tenter de mettre en évidence une corrélation entre la présence de certaines anomalies et certains facteurs (âge et catégorie d'affection). Le seuil de significativité a été établi à une valeur de p-value inférieure à 0,05. Le modèle a été ajusté pour obtenir un maximum de vraisemblance. Le modèle sélectionné était celui qui avait le plus petit critère d'information d'Akaike (AIC) si la différence d'AIC entre les modèles était suffisante (supérieure à 5). Sinon le principe de parcimonie a été appliqué en prenant le modèle le plus simple.

Pour le calcul de valeurs de référence, la méthode paramétrique pour un échantillon de taille moyenne a été retenue avec le calcul des quantiles à 2,5 et 97,5 % en ajustant la distribution des données pour obtenir une loi normale.

II. RESULTATS

A. Profil de l'échantillon obtenu

On peut voir, sur la figure 1, que les 267 poulains avaient une répartition homogène quant à leur année de naissance avec un maximum de 66 poulains nés et admis en 2018 et un minimum de 39 et admis en 2020.

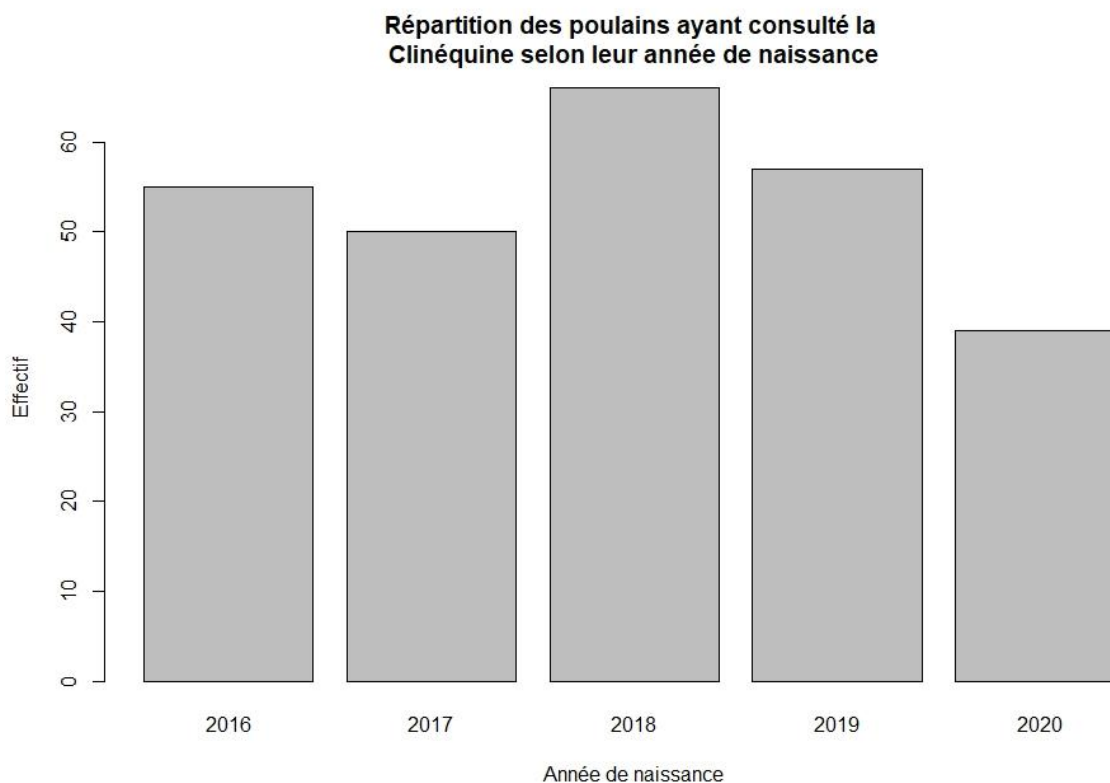


Figure 1 : Répartition des poulains ayant consulté la Clinéquine selon leur année de naissance

Sur la figure 2, on remarque que la répartition des poulains selon le sexe était assez homogène sauf chez les poulains âgés d'un à deux mois qui étaient majoritairement des mâles. La catégorie d'âge la plus représentée était celle des poulains ayant moins d'un mois à l'admission, avec 45 % des poulains (soit 121 poulains). La catégorie la moins représentée était celle des poulains âgés d'un à deux mois avec seulement 11 % des poulains (soit 29 poulains).

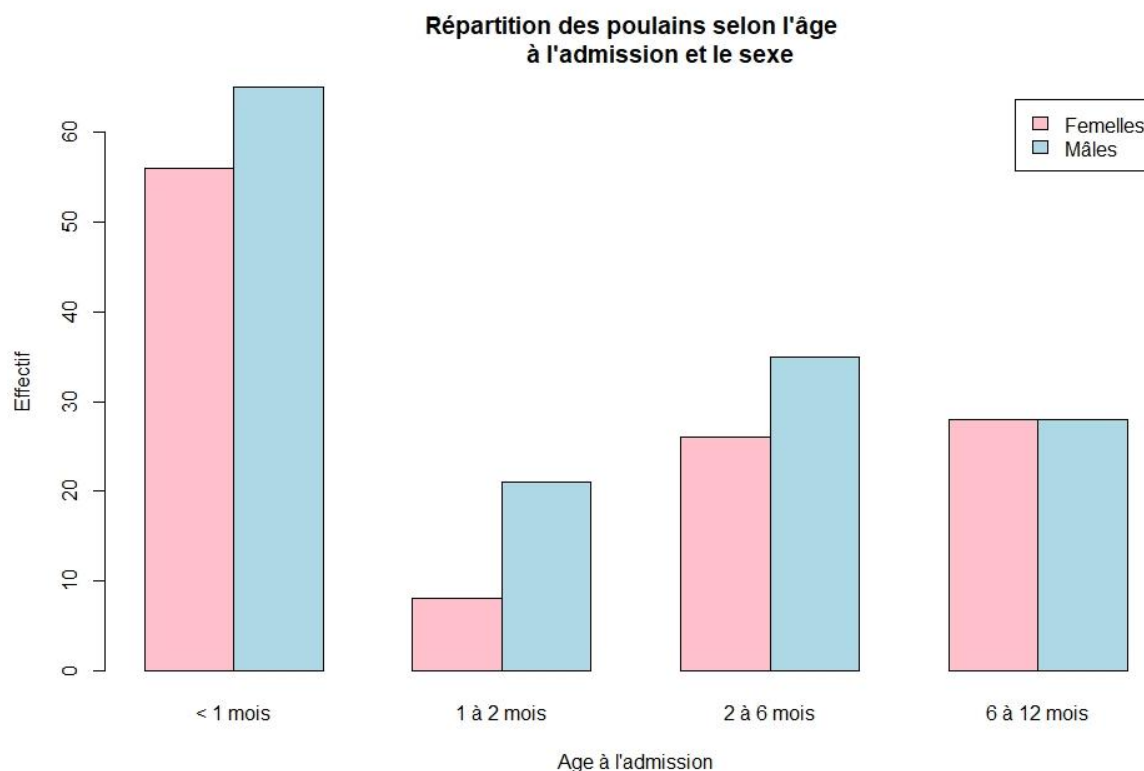


Figure 2 : Répartition des poulains selon l'âge à l'admission et le sexe

Selon le diagnostic établi au cours de leur hospitalisation, les 267 poulains ont été classés par catégorie d'affection. Un même poulain a pu être classé dans plusieurs catégories. Les catégories d'affections rencontrées étaient les suivantes :

- Septicémie : omphalite, pneumonie, arthrite septique et ostéomyélite, diarrhée infectieuse, uvéite et méningite
- Méconium : rétention et impaction par le méconium
- Digestif : diarrhée hors septicémie, coliques, affection hépatique, ulcères gastroduodénaux, hernie, parasitisme, obstruction œsophagienne
- Uropéritoine
- Rénal : insuffisance rénale
- Respiratoire : fracture de côtes, malformation congénitale (« wry nose » et fente palatine), affection des poches gutturales, rhodococcose, infection respiratoire autre
- Traumatisme : plaie, fracture (hors fracture de côtes), abcès
- Musculosquelettique (développementale et nutritionnelle, non traumatique et non inflammatoire) : contracture et laxité tendineuses, déviations angulaires, OCD, scoliose, brachygnatisme, myopathie
- Ophthalmologique hors uvéite hémotogène
- Cardiaque
- Neurologique
- DTIP : Défaut de transfert de l'immunité passive sans septicémie
- Isoérythrolyse néonatale
- Prématurité et dysmaturité

- Syndrome de malajustement néonatal
- Autres : une coagulopathie et une réaction inflammatoire locale

Dans le tableau XIII, on peut voir la répartition des poulains selon les catégories d'affection. La septicémie était l'affection la plus rencontrée avec 28,8 % (soit 77 poulains). On retrouve ensuite, les affections digestives (18,7 % soit 50 poulains), les traumatismes (16,1 % soit 43 poulains) et les affections musculosquelettiques (14,6 % soit 39 poulains).

Tableau XIII: Répartition des poulains selon les catégories d'affection

Catégorie d'affections rencontrées	Nombre de poulains	Fréquence (en %)
Septicémie	77	28,8
Digestif	50	18,7
Traumatisme	43	16,1
Musculosquelettique	39	14,6
Respiratoire	20	7,5
Ophtalmologique	10	3,6
Méconium	8	2,9
Prématurité et dysmaturité	7	2,5
Syndrome de malajustement néonatal	7	2,5
DTIP sans septicémie	5	1,8
Cardiaque	4	1,4
Rénal	3	1,1
Autre	2	0,7
Neurologique	2	0,7
Uropéritoine	2	0,7
Isoérythrolyse néonatale	1	0,4

Notre échantillon comportait 267 poulains. La répartition selon l'année de naissance et le sexe était assez homogène. Presque la moitié des poulains hospitalisés avaient moins d'un mois d'âge. Les catégories d'affection les plus présentées étaient la septicémie, les affections digestives, les traumatismes et les affections musculosquelettiques non traumatiques.

B. Utilisation des examens complémentaires à la Clinéquine

De nombreux examens complémentaires sont disponibles à la Clinéquine. Pour les analyses sanguines, on retrouve :

- La NFS,
- La SAA,
- Les lactates,
- Les électrolytes,

- Les autres paramètres biochimiques qui sont regroupés dans la catégorie Biochimie pour notre étude avec les protéines totales, l'albumine, les globulines, le fibrinogène, l'urée, la créatinine, le glucose, les PAL, les ASAT, les GGT et les CK.

Pour les examens d'imagerie médicale, sont disponibles :

- La radiographie thoracique, abdominale, de squelette appendiculaire et de la tête,
- L'échographie thoracique, abdominale, de l'ombilic, articulaire, jugulaire, oculaire et l'échocardiographie,
- L'IRM
- Le scanner.

Nous n'avons pas comptabilisé les paracentèses ou les ponctions synoviales, moins fréquentes et que nous avons eu du mal à comptabiliser.

Notre étude s'est intéressée aux types d'actes effectués au cours de la prise en charge du poulain et non pas au nombre de fois où l'acte a été réalisé sur un même poulain. Ainsi, on a compté au maximum un acte par poulain même si le même examen complémentaire a été réalisé plusieurs fois au cours de la même hospitalisation.

Dès lors qu'un paramètre sanguin de la catégorie biochimie énoncée plus haut a été mesuré chez un poulain, il a été compté que ce poulain a reçu une biochimie sanguine au cours de son hospitalisation. Lorsque plusieurs paramètres biochimiques ont été mesurés pour le même poulain, il n'a été compté qu'une seule biochimie sanguine effectuée au cours de l'hospitalisation.

Le tableau XIV, page suivante, résume l'utilisation des différents examens complémentaires lors de la prise en charge des poulains de notre échantillon.

On a pu voir que la NFS était l'examen complémentaire le plus utilisé, 72 % (soit 191 poulains) des poulains en ont eu une lors de leur hospitalisation. Venaient ensuite les autres analyses sanguines avec la biochimie (67 % des cas), la SAA (36 % des cas), les lactates (34 %) et les électrolytes (31 % des cas).

Pour les examens d'imagerie, on avait d'abord la radiographie du squelette appendiculaire utilisée chez 28 % des poulains, puis l'échographie abdominale (27 %), l'échographie de l'ombilic (26 %), la radiographie thoracique (25 %), l'échographie thoracique (19 %) et l'échographie articulaire (12 %). L'échocardiographie, les radiographies abdominales et de la tête, les échographies oculaires et jugulaires, et le scanner ont été utilisés dans moins de 10 % des cas. Aucune IRM n'a été réalisée chez les poulains de notre échantillon.

Tableau XIV : Utilisation des différents examens complémentaires dans l'effectif total

Examen complémentaire	Nombre de poulains	Fréquence (en %)
NFS	191	72
Biochimie	178	67
SAA	97	36
Lactates	90	34
Electrolytes	84	31
Radiographie du squelette appendiculaire	75	28
Echographie abdominale	71	27
Echographie de l'ombilic	70	26
Radiographie thoracique	66	25
Echographie thoracique	51	19
Echographie articulaire	33	12
Echocardiographie	14	5
Radiographie de tête	12	4
Echographie oculaire	10	4
Radiographie abdominale	7	3
Echographie de la région jugulaire	5	2
Scanner	3	1

1. Utilisation des examens complémentaires selon l'âge

Sur la figure 3, on voit que tous les examens sanguins ont été plus fréquemment utilisés chez les poulains nouveau-nés de moins d'un mois. En effet, plus de 50 % de chaque analyse sanguine ont été réalisées chez les poulains de moins d'un mois. Le reste a été effectué de manière homogène entre les trois autres classes d'âge avec environ 10 à 20 % des analyses effectuées pour chaque classe d'âge.

Pour toutes les analyses sanguines, un **test du chi 2 d'indépendance** a été réalisé et a donné une **p-value inférieure à 0,05**. On peut donc dire que la différence d'utilisation des analyses selon les classes d'âges était significative. L'utilisation des analyses sanguines était bien corrélée à l'âge du poulain, avec une nette priorité pour le poulain de moins de 1 mois.

Utilisation des analyses sanguines selon l'âge du poulain

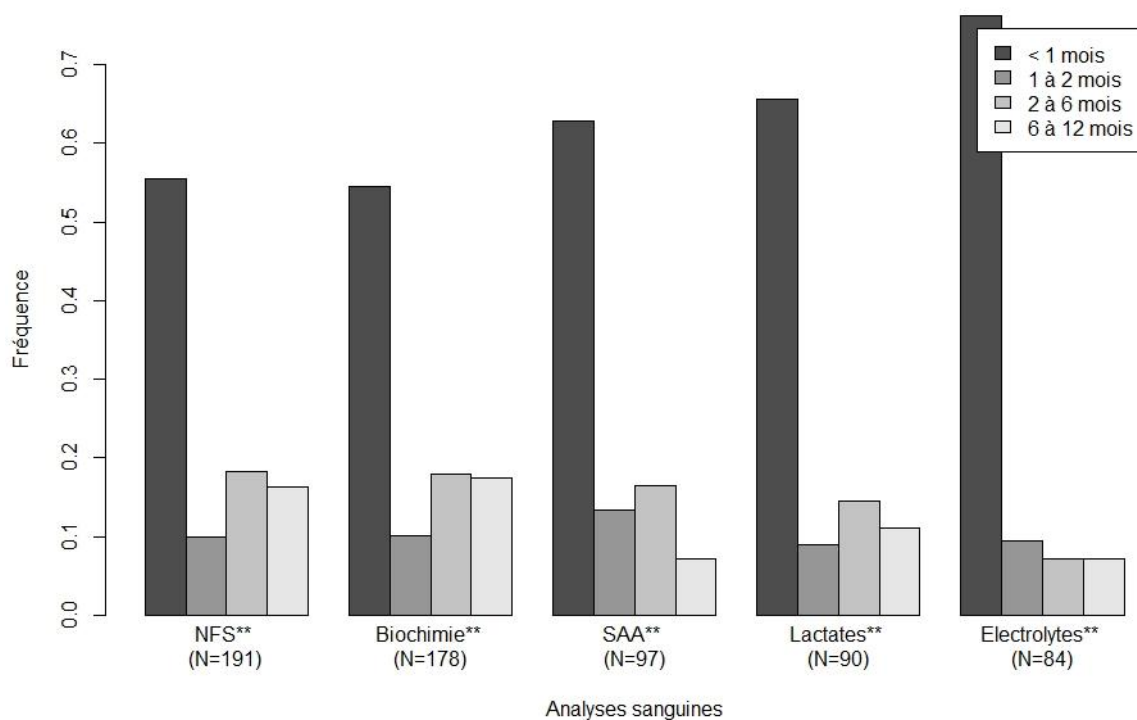


Figure 3 : Utilisation des analyses sanguines selon l'âge du poulain

Sur la figure 4, on peut voir que l'utilisation de la radiographie selon catégorie d'âge n'a pas été la même selon le type de radiographie. Pour la radiographie thoracique, 56 % des examens ont été réalisés chez les poulains de moins d'un mois et 24% chez les poulains de deux à six mois. Pour la radiographie abdominale, 85 % des examens ont été utilisés chez les poulains de moins d'un mois. Aucun examen n'a été réalisé chez les poulains d'un à six mois. Cependant, très peu de radiographies abdominales ont été effectuées (seulement 7 sur l'effectif total), il est donc difficile de conclure sur l'influence de l'âge sur son utilisation. L'utilisation de la radiographie pour le squelette appendiculaire et la tête semble moins influencée par l'âge du poulain. On note quand même que 38 % des radiographies du squelette appendiculaire ont été utilisées chez les poulains de moins d'un mois et 30 % chez les poulains de six à douze mois contre 13 % et 18 % chez les poulains d'un à deux mois et deux à six mois, respectivement. Pour la radiographie de la tête, l'utilisation a été homogène selon les classes d'âge mais comme pour la radiographie abdominale, les effectifs étaient limités avec seulement 12 examens réalisés.

Le test du chi 2 d'indépendance a montré que seule l'utilisation de la radiographie thoracique variait significativement selon les classes d'âge. Pour la radiographie du squelette appendiculaire la différence n'était pas significative et pour les radiographies abdominales et de la tête, le test n'était pas utilisable du fait de trop faibles effectifs.

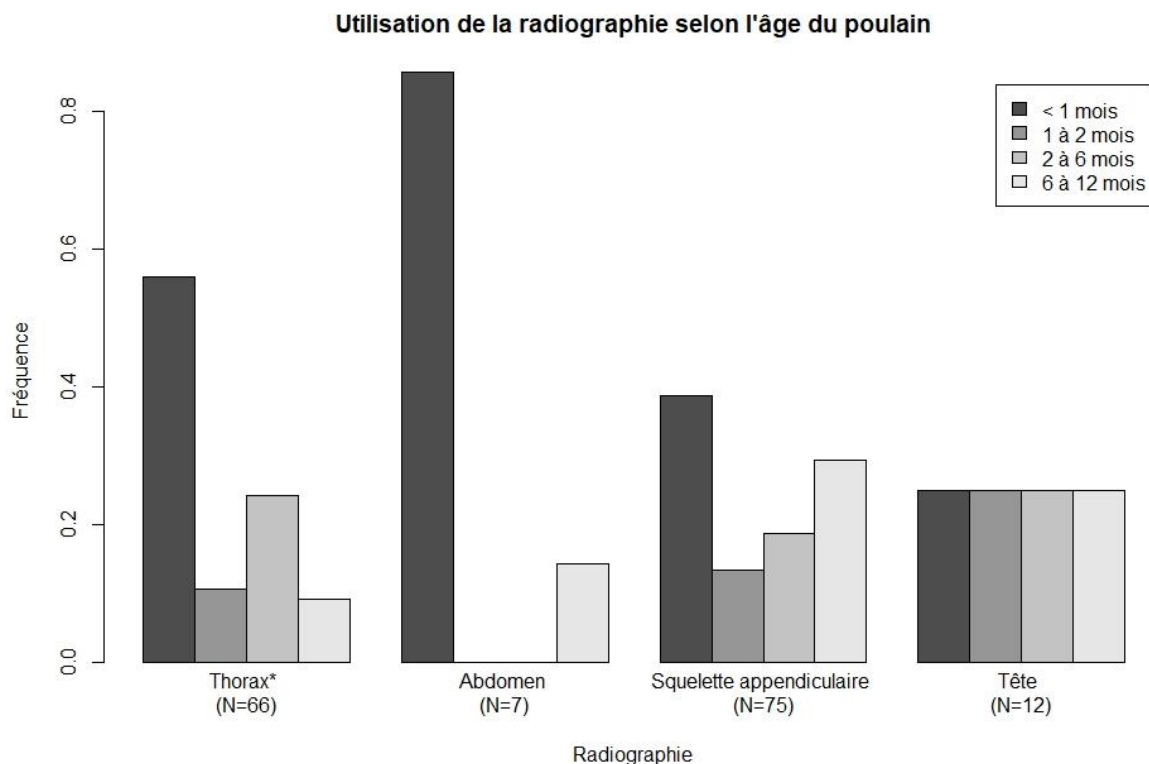


Figure 4 : Utilisation de la radiographie selon l'âge du poulain

Quant à l'échographie, on peut voir sur la figure 5 que les échographies thoraciques, abdominales, ombilicales et cardiaques ont majoritairement été réalisées chez les poulains de moins d'un mois avec plus de 50 % des examens réalisés dans cette catégorie d'âge. Les échographies articulaires ont aussi été plus utilisées chez les poulains de moins d'un mois mais de manière moins marquée avec seulement 45 % des cas et suivi de près par les poulains de six à douze mois avec 33 % des cas. L'échographie des veines jugulaires et de l'œil ont été utilisées, respectivement, dans 60 % et 50 % des cas chez les poulains de deux à six mois. Ce sont donc les seuls examens qui n'ont pas été majoritairement utilisés chez les poulains de moins d'un mois. Cependant, le nombre de ces deux examens réalisés dans notre échantillon était limité, avec dix pour l'échographie oculaire et cinq pour l'échographie des jugulaires.

La différence d'utilisation selon les classes d'âge était significative pour les échographies thoraciques et ombilicales mais pas pour l'échographie abdominale, d'après le test du chi 2 d'indépendance.

A cause des effectifs trop faibles, le test n'a pas pu être réalisé pour les autres examens échographiques.

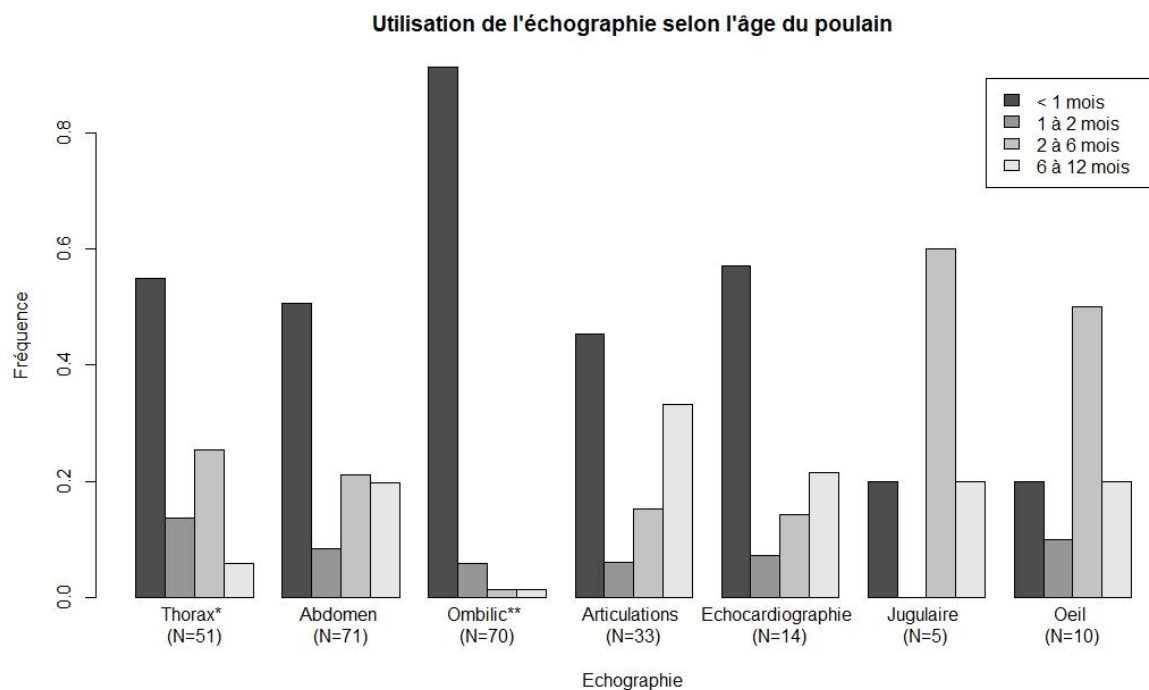


Figure 5 : Utilisation de l'échographie selon l'âge du poulain

Le tableau XV, ci-dessous, récapitule l'importance de l'utilisation des différents examens complémentaires selon les classes d'âge. Le code couleur utilisé est le suivant : bleu foncé pour une utilisation très fréquente, bleu moyen pour une utilisation moyennement fréquente, bleu clair pour une utilisation peu fréquente et gris pour une utilisation anecdotique.

Tableau XV : Bilan de l'utilisation des examens complémentaires selon les classes d'âge

Examen complémentaire	< 1 mois	1 à 2 mois	2 à 6 mois	6 à 12 mois
NFS				
Biochimie				
SAA				
Lactates				
Electrolytes				
Radiographie du squelette appendiculaire				
Echographie abdominale				
Radiographie thoracique				
Echographie de l'ombilic				
Echographie thoracique				
Echographie articulaire				
Echocardiographie				
Radiographie de tête				
Echographie oculaire				
Radiographie abdominale				
Echographie de la région jugulaire				
Scanner				

2. Utilisation des examens complémentaires selon la catégorie d'affection

Pour étudier l'effet de la catégorie d'affection sur l'utilisation des examens complémentaires, un sous-échantillon de la population a été utilisé, ne comportant que les poulains des catégories avec un effectif supérieur à 40 individus. Ont donc été gardées les catégories suivantes : septicémie (79 poulains), digestif (49 poulains), traumatisme (41 poulains) et musculosquelettique non traumatique (40 poulains). Les figures 6 à 8 ont été réalisés à partir de ce sous-échantillon.

Toutes les analyses sanguines ont été principalement utilisées chez des poulains septicémiques puis en deuxième position par les poulains présentant des affections digestives. Ainsi, pour les NFS et les biochimies sanguines, 47 % des analyses ont été réalisées dans les cas de septicémie et 30 % dans les cas d'affection digestive. Pour les lactates, cela représentait aussi 47% des analyses dans les cas de septicémie mais 37 % pour les affections digestives. Pour les électrolytes, c'était 54 % des analyses qui ont été réalisées pour des cas de septicémie et 28 % pour des cas d'affections digestives. Pour les lactates, la différence était plus marquée avec 61 % des analyses utilisées chez des poulains septicémiques. L'utilisation des analyses sanguines chez les poulains atteints d'un traumatisme ou d'une affection musculosquelettique était homogène autour de 10 % pour toutes les analyses sanguines.

Le test du chi 2 a montré que pour toutes les analyses sanguines, il y avait une différence significative de l'utilisation selon la catégorie d'affection. Les analyses sont particulièrement réalisées en cas de suspicion de septicémie ou lors de syndrome digestif.

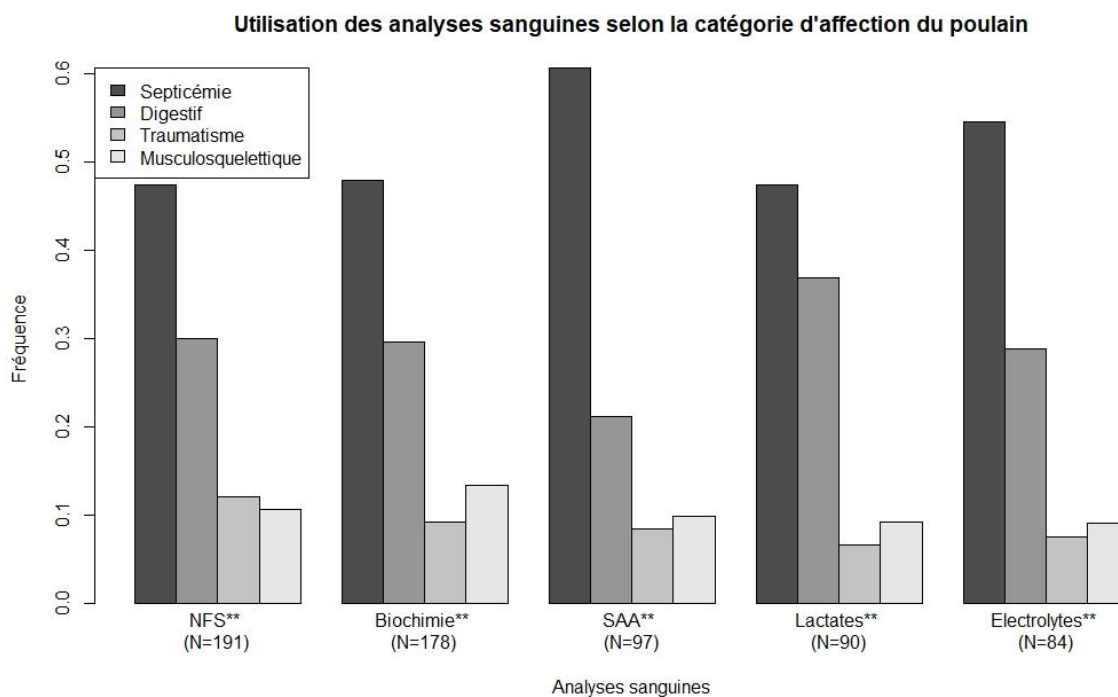


Figure 6 : Utilisation des analyses sanguines selon les catégories d'affection

Selon le type de radiographie effectuée, l'utilisation selon le type d'affection n'a pas été la même. Pour la radiographie thoracique, là encore, ce sont les catégories septicémie et affections digestives qui ont constitué la majorité des cas (56 % et 22 % respectivement). Mais ce n'est pas le cas pour les autres types de radiographies. En effet, pour la radiographie abdominale, 75 % des examens ont été réalisés chez des poulains présentant une affection digestive, ce qui semble assez logique. De même, pour la radiographie de la tête, les traumatismes (50 %) et les affections musculosquelettiques (50 %) ont été les seules catégories dans lesquelles cet examen est utilisé. L'utilisation de la radiographie du squelette appendiculaire s'est répartie équitablement entre les cas d'affection musculosquelettique (36 %), de septicémie (31 %) et de traumatisme (30 %). **Pour les radiographies thoraciques et du squelette appendiculaire, l'utilisation était bien corrélée à la catégorie d'affection selon le test du chi 2.** Pour les radiographies abdominales et de la tête, le test n'a pas été réalisé car les effectifs étaient trop faibles.

Utilisation de la radiographie selon le type d'affection du poulain

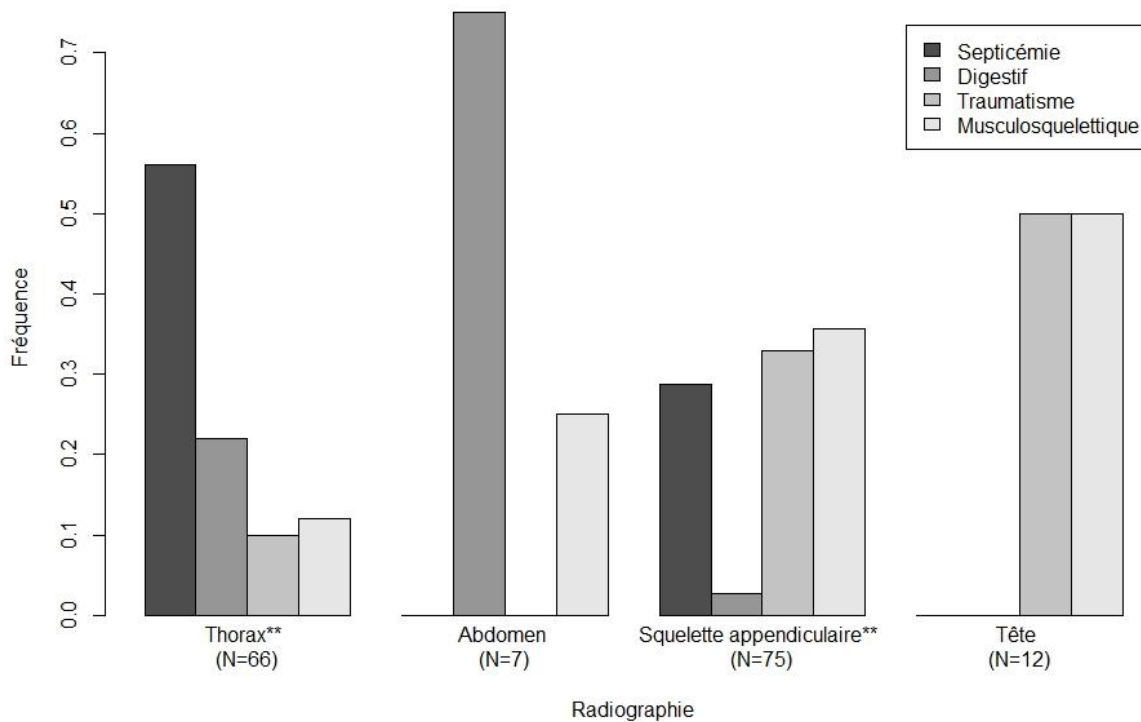


Figure 7 : Utilisation de la radiographie selon les catégories d'affection

Les examens d'échographie thoracique, ombilicale, articulaire, cardiaque et oculaire ont majoritairement été utilisés pour les poulains atteints de septicémie (entre 50 % et 100 % des cas). Les poulains atteints d'affection digestive ont représenté quand même 27 % des cas d'échographie thoracique. En effet, ces poulains présentaient soit une affection respiratoire concomitante à leur affection digestive, soit une hyperthermie apparue lors de l'hospitalisation dont une origine pulmonaire a été investiguée. Les poulains atteints de traumatisme ou d'affection musculosquelettique n'ont représenté que 24 % des cas d'échographie articulaire. L'échographie jugulaire n'a été utilisée que dans des cas d'affections digestives et de traumatisme. Pour l'échocardiographie, l'échographie jugulaire et l'échographie oculaire, le nombre d'examen réalisés dans le sous-échantillon était encore plus réduit (sept, quatre et un examens réalisés respectivement) et n'a pas permis de conclure.

Le test du chi 2 a montré que l'utilisation des échographies thoraciques, abdominales, ombilicales et articulaires était corrélée à la catégorie d'affection du poulain. Ce test n'a pas pu être réalisé pour les autres examens échographiques.

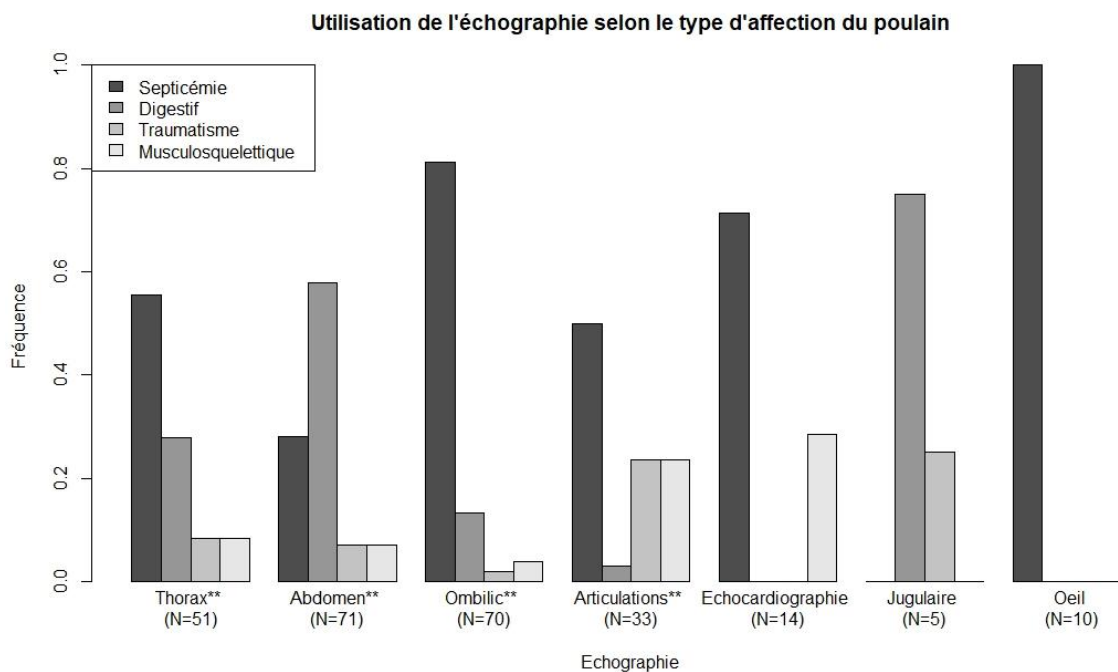


Figure 8 : Utilisation de l'échographie selon le type d'affection du poulain

Le tableau XVI récapitule l'importance de l'utilisation des différents examens complémentaires selon les catégories d'affection. Le code couleur utilisé est le suivant : bleu foncé pour une utilisation très fréquente, bleu moyen pour une utilisation moyennement fréquente, bleu clair pour une utilisation peu fréquente et gris pour une utilisation anecdotique.

Tableau XVI : Bilan de l'utilisation des examens complémentaires selon les catégories d'affection

Examen complémentaire	Septicémie	Digestif	Traumatisme	Musculo-squelettique
NFS				
Biochimie				
SAA				
Lactates				
Electrolytes				
Radiographie du squelette appendiculaire				
Echographie abdominale				
Radiographie thoracique				
Echographie de l'ombilic				
Echographie thoracique				
Echographie articulaire				
Echocardiographie				
Radiographie de tête				
Echographie oculaire				
Radiographie abdominale				
Echographie de la région jugulaire				
Scanner				

Les analyses sanguines ont été les examens complémentaires les plus utilisés à la Clinéquine avec notamment la NFS comme premier examen complémentaire utilisé. Les radiographies du squelette appendiculaire et thoracique ainsi que les échographies abdominales et ombilicales ont été, quant à eux, les examens d'imagerie les plus utilisés.

L'âge semble avoir exercé une influence sur l'utilisation des examens complémentaires avec notamment une utilisation beaucoup plus importante des analyses sanguines, de la radiographie thoracique, de l'échographie thoracique et de l'échographie ombilicale chez les jeunes poulains de moins d'un mois, tendance traduisant une situation clinique souvent critique chez le jeune poulain. L'utilisation de la radiographie du squelette appendiculaire et de l'échographie abdominale n'a pas varié significativement en fonction de l'âge du poulain.

La catégorie d'affection a eu, elle aussi, une influence sur l'utilisation des examens complémentaires. Les analyses sanguines dans leur ensemble ainsi que la radiographie thoracique ont plus fréquemment été utilisées chez les poulains atteints de septicémie, puis chez les poulains atteints d'affections digestives. La radiographie du squelette appendiculaire a été utilisée prioritairement chez les poulains atteints de septicémie, de traumatisme ou d'affection musculosquelettique de manière comparable mais très peu chez les poulains atteints d'affection digestive. Les examens d'échographie thoracique, ombilicale et articulaire ont majoritairement été utilisés chez les poulains septicémiques. L'échographie abdominale, elle, a été plus utilisée chez les poulains atteints d'affection digestive.

C. Description des principales anomalies et lésions visibles

1. Hématologie et biochimie sanguine

Pour étudier les anomalies présentées par les poulains de l'échantillon au cours des examens d'hématologie et de biochimie, des valeurs de référence (VR) issues de la littérature ont été sélectionnées et sont présentées dans les tableaux XVII et XVIII.

Tableau XVII : Valeurs de référence utilisées pour la NFS (d'après 6,67,68)

Paramètre hématologique	Valeurs de référence
GR ($10^{12}/L$)	6,9 – 11,8
Hb (g/L)	10,2 – 15,4
Ht (%)	30 – 40
GB ($10^9/L$)	6,0 – 15,0
PNN ($10^9/L$)	4,1 – 9,5
PNN non segmentés	0
Lymphocytes ($10^9/L$)	1,0 – 5,0
Monocytes ($10^9/L$)	0,1 – 0,5
PNE ($10^9/L$)	0 – 0,2
PNB ($10^9/L$)	0 – 0,2
Plaquettes ($10^9/L$)	140 - 315

Tableau XVIII : Valeurs de référence utilisées pour la biochimie sanguine (d'après 6,19,67)

Paramètre biochimique	Valeurs de référence
Protéines totales (g/L)	40 – 66
Albumines (g/L)	25 – 35
Globulines (g/L)	15 – 36
Fibrinogène (g/L)	0 – 4
SAA (mg/L)	0 – 50
Glucose (mmol/L)	5,3 – 9,8
Urée (mmol/L)	2,1 – 7,5
Créatinine (µmol/L)	88,4 - 256
Bilirubine (µmol/L)	25 – 50
CK (U/L)	165 – 300
ASAT (U/L)	111 – 206
GGT (U/L)	10 – 32
PAL (U/L)	200 – 2600
Lactates (mmol/L)	0 – 4
Sodium (mmol/L)	130 – 140
Potassium (mmol/L)	3,8 – 4,5
Chlore (mmol/L)	95 – 105

Pour notre étude, les fréquences des anomalies ont été comptabilisées par rapport à toutes les fois où le paramètre a été mesuré. Si un même poulain a présenté plusieurs fois la même anomalie au cours de la même hospitalisation, elle a donc été comptée plusieurs fois.

Sur la figure 9 ci-dessous, on voit que **l'anomalie la plus fréquemment rencontrée au cours des NFS réalisées a été la baisse de l'hématocrite** (dans 42 % des cas) alors que l'hémoglobine a été en dessous des valeurs de référence dans seulement 17 % des cas et le taux de GR dans 11 % des cas. Cette différence s'explique par le fait que la grande majorité de nos hématocrites n'ont pas été réalisés par mesure directe avec un tube à micro-hématocrite mais par lecture indirecte à l'automate, ce qui en sous-estime la valeur. Ensuite, on retrouve les modifications du taux de leucocytes et de PNN dans 20 à 27 % des cas environ, que cela soit en dessous et au dessus des valeurs de référence. Dans 25 % des NFS réalisées, on a observé une thrombocytose et dans 18 % une augmentation des PNN non-segmentés. L'augmentation des paramètres de la lignée rouge et les modifications du nombre de lymphocytes étaient peu fréquentes. Les modifications des valeurs PNE et PNB étaient anecdotiques .

Fréquence des anomalies hématologiques dans l'effectif total

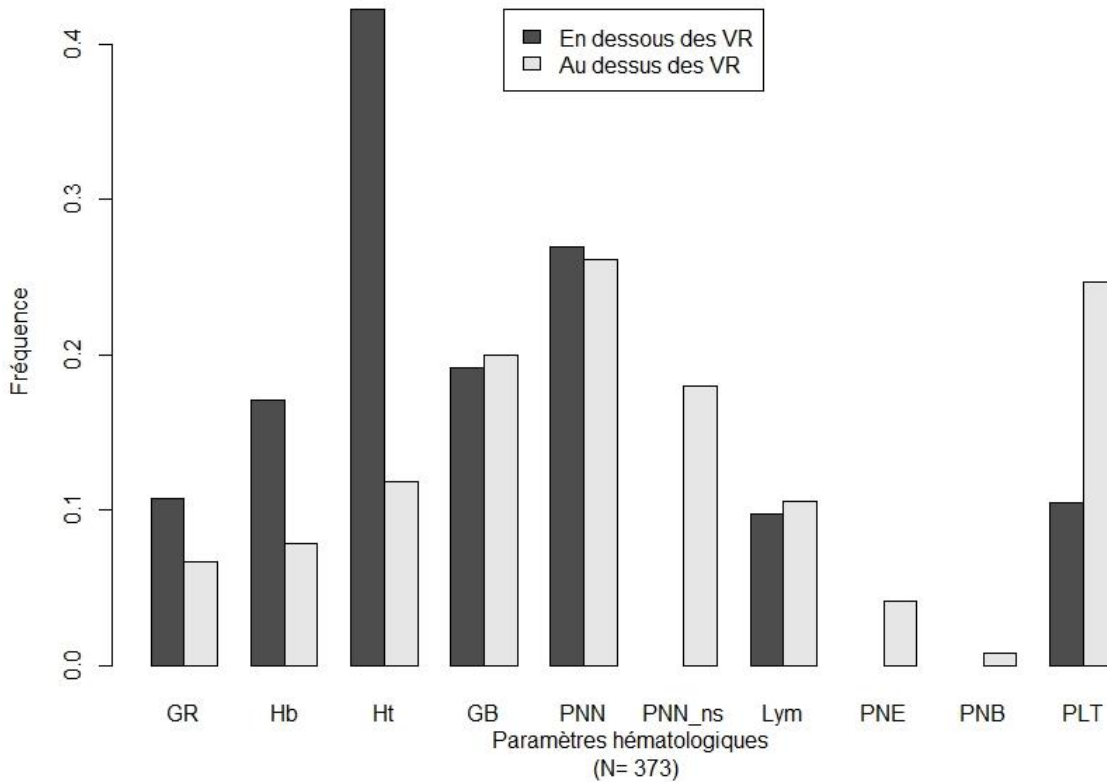


Figure 9 : Fréquence des anomalies hématologiques dans l'effectif total

La figure 10, ci-dessous, montre les anomalies des protéines sanguines. La première anomalie rencontrée était l'augmentation de la SAA (53 % des cas), suivie par l'hyperglobulinémie (31 %). Les autres anomalies notables étaient la hausse du fibrinogène (25 %), l'hypoalbuminémie (24 %) et l'hyperprotéinémie (sans hyperalbuminémie) (21 %). L'hyperprotéinémie n'a été ici comptée que si l'albuminémie était dans les normes, car nous recherchions les anomalies dues à des problèmes inflammatoires et non liées à une simple déshydratation, comme lors d'hyperalbuminémie seule.

Fréquence des anomalies des protéines sanguines dans l'effectif total

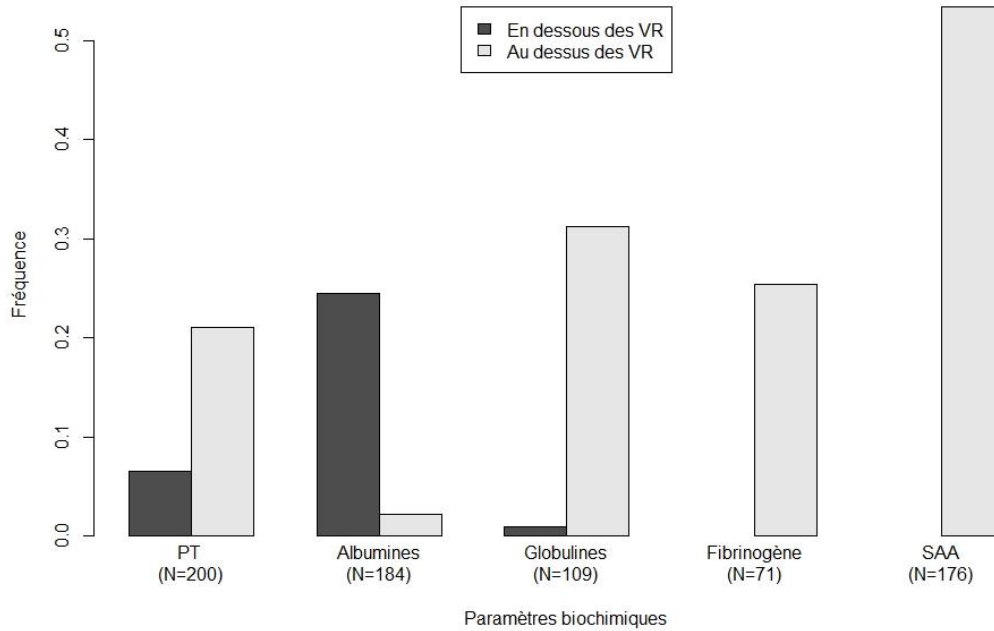


Figure 10 : Fréquence des anomalies des protéines totales dans l'effectif total

La figure 11, ci-dessous, met en évidence que dans plus de 80 % des cas où elles ont été mesurées, les ASAT étaient au-dessus des valeurs de référence. La bilirubine, les lactates, les CK et les GGT étaient au-dessus des valeurs usuelles dans 38 à 50 % des cas. La créatinine était en dessous des valeurs de référence dans 54 % des cas. L'hypoglycémie n'était présente que dans 27 % des cas.

Fréquence des anomalies biochimiques dans l'effectif total

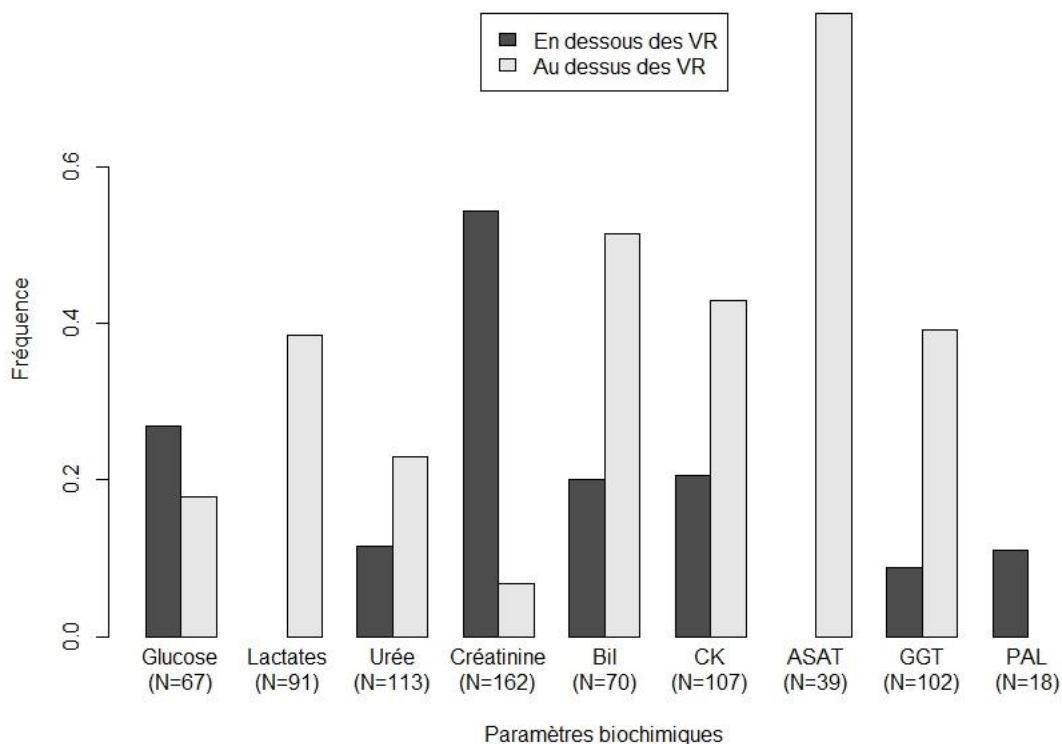


Figure 11 : Fréquence des anomalies biochimiques dans l'effectif total

Les fréquences des anomalies électrolytiques sont présentées dans la figure 12. Cinquante-trois pour cent des analyses ont révélé une hypernatrémie, 51 % une hyperchlorémie et 42 % une hypokaliémie. L'hyperkaliémie a été retrouvée dans 20 % des analyses, l'hypochlorémie dans 13 % et l'hyponatrémie dans 9 % des analyses.

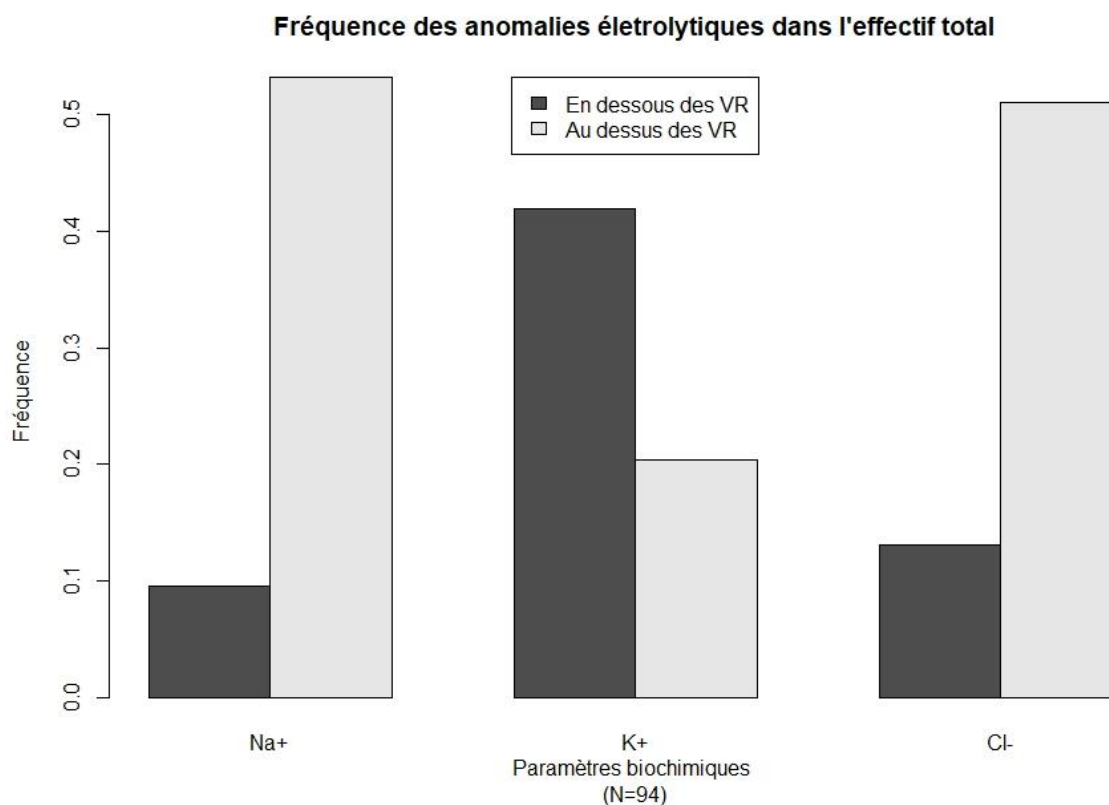


Figure 12 : Fréquence des anomalies électrolytiques dans l'effectif total

Les principales anomalies hématologiques observées dans notre échantillon ont été l'anémie, la neutrophilie, la neutropénie, la leucocytose, la leucopénie et la thrombocytose. Au niveau des anomalies biochimiques, on a noté principalement l'augmentation des protéines liées à l'inflammation (globulines, fibrinogène et SAA), l'hypoalbuminémie, l'hyperlactatémie, l'hyperbilirubinémie, la hausse des CK, des GGT et des ASAT. Les désordres électrolytiques majeurs étaient l'hypernatrémie, l'hyperchlorémie puis l'hypokaliémie.

2. Imagerie médicale

On retrouve dans les tableaux 19 à 29 les fréquences de présence des différentes anomalies lors des examens d'imagerie médicale. Ici encore, les fréquences des anomalies ont été comptées à chaque examen d'imagerie, même s'il a été réalisé plusieurs fois sur le même poulain. Ainsi, si un même poulain présente plusieurs fois la même anomalie au cours de la même hospitalisation, elle est comptée plusieurs fois.

Les anomalies rencontrées fréquemment sont celles que le clinicien devra rechercher particulièrement durant son examen.

Parmi les 97 **radiographies thoraciques** effectuées, trois anomalies se sont détachées nettement des autres en termes de fréquence : **les opacifications bronchiques (54 %), interstitielles (42 %) et alvéolaires (35 %)**. Toutes les autres anomalies observées étaient plus anecdotiques avec des fréquences inférieures à 5%, y compris pour les abcès pulmonaires.

Tableau XIX : Fréquence des anomalies visibles en radiographie thoracique dans l'effectif total

Anomalie radiographique	Fréquence (en %)
Opacification bronchique	55
Opacification interstitielle	42
Opacification alvéolaire	36
Abcès pulmonaire	4
Cardiomégalie	3
Fracture de côtes	3
Scoliose	3
Obstruction œsophagienne	2
Masse médiastinale	2

En radiographie abdominale (8 effectuées au total), deux anomalies ont été prédominantes dans notre échantillon : **l'iléus du gros intestin (63 % des cas) et l'iléus de l'intestin grêle (38 % des cas)**. Aucun épanchement abdominal n'a été noté sur les radiographies prises dans notre échantillon.

Tableau XX : Fréquence des anomalies visibles en radiographie abdominale dans l'effectif total

Anomalie radiographique	Fréquence (en %)
Iléus du gros intestin	63
Iléus de l'intestin grêle	38
Distension gazeuse intestinale	13
Atrésie du côlon	13
Epanchement	0

Sur le squelette appendiculaire (132 radiographies réalisées), les principales anomalies observées étaient **la tuméfaction des tissus mous (32 % des cas), les fractures (29 % des cas) et les déviations angulaires (20 % touchant plus d'une articulation et 14% une seule articulation)**. Les retards d'ossification ne sont présentés que dans 10 % des cas et les OCD dans 8 % des cas.

Tableau XXI : Fréquence des anomalies visibles en radiographie du squelette appendiculaire dans l'effectif total

Anomalie radiographique	Fréquence (en %)
Tuméfaction des tissus mous	32
Fracture	29
Déviations angulaires atteignant plus d'une articulation	20
Ostéolyse	15
Déviations angulaires atteignant une seule articulation	14
Retard d'ossification	10
Matériel d'ostéosynthèse déplacé	9
Plaie	9
OCD	8
Anomalie de la boîte cornée	7
Ostéomyélite	5
Atteinte tendineuse	4
Abcès intra-osseux	4
Luxation	1

Pour la radiographie de la tête (18 radiographies effectuées), les fractures et le prognathisme ont été les principales anomalies observées. Les autres anomalies observées étaient les plaies, les luxations atlanto-occipitale, les déplacements dorsaux du voile du palais, les « Wry Nose », les fibromes ossifiant juvéniles et les corps étrangers.

Tableau XXII : Fréquence des anomalies visibles en radiographie de la tête dans l'effectif total

Anomalie radiographique	Fréquence (en %)
Fracture	22
Prognathisme	22
Plaie	6
Luxation atlanto-occipitale	6
Déplacement dorsal du voile du palais	6
Wry nose	6
Fibrome ossifiant juvénile	6
Corps étranger	6

Parmi les 68 échographies thoraciques réalisées, 50 % ont mis en évidence des irrégularités pleurales, 29% des zones de consolidations pulmonaires, 18 % des abcès et 6 % de l'épanchement pleural.

Tableau XXIII : Fréquence des anomalies visibles en échographie thoracique dans l'effectif total

Anomalie échographique	Fréquence (en %)
Irrégularités pleurales	50
Consolidations pulmonaires	29
Abcès	18
Epanchement pleural	6

Concernant échographie abdominale (93 examens réalisés), 15 % des examens ont mis en évidence une dilatation de l'intestin grêle, 13% un épanchement abdominal, 12 % un épaississement de la paroi intestinale et 10 % une hypomotilité. Les autres anomalies (iléus, hernie, néphropathie, intussusception et dilatation du gros intestin) ont été retrouvées dans moins de 10 % des examens réalisés.

Tableau XXIV : Fréquence des anomalies visibles en échographie abdominale dans l'effectif total

Anomalie échographique	Fréquence (en %)
Dilatation intestin grêle	15
Epanchement abdominal	13
Epaississement paroi intestinale	12
Hypomotilité	10
Iléus	9
Hernie	8
Néphropathie	4
Intussusception	3
Dilatation gros intestin	1

Les deux principales anomalies visibles en échographie ombilicale (99 réalisées) ont été l'omphaloartérite présente dans 28 % des cas et l'ourachite présente dans 25 % des cas. Viennent ensuite les omphalophlébites dans 13 % des cas et les abcès ombilicaux dans 10 % des cas.

Tableau XXV : Fréquence des anomalies visibles en échographie de l'ombilic dans l'effectif total

Anomalie échographique	Fréquence (en %)
Omphaloartérite	28
Ourachite	25
Omphalophlébite	13
Abcès	10

Sur les 37 échographies articulaires, 65 % ont révélé une synovite, 24 % une arthrite, 24 % une tendinite et 22 % un abcès. Des ostéomyélites, des séquestres osseux, des

desmopathies, des granulomes et des bursites ont été observés dans moins de 10% des examens réalisés.

Tableau XXVI : Fréquence des anomalies visibles en échographie articulaire dans l'effectif total

Anomalie échographique	Fréquence (en %)
Synovite	65
Arthrite	24
Tendinite	24
Abcès	22
Ostéomyélite	8
Séquestre osseux	8
Desmopathie	5
Granulome	3
Bursite	3

Au cours des échocardiographies réalisées (17 examens), les principales anomalies observées ont été les régurgitations valvulaires (dans 35 % des échocardiographies réalisées), des communication interventriculaire (29 %) et des communications interatriales (24 %). Les autres anomalies observées étaient des persistances du canal artériel, des dilatations du cœur droit, et des hypertrophies du myocarde.

Tableau XXVII : Fréquence des anomalies visibles en échocardiographie dans l'effectif total

Anomalie échographique	Fréquence (en %)
Régurgitations valvulaires	35
Communication interventriculaire	29
Communication interatriale	24
Persistance du canal artériel	12
Dilatation du cœur droit	6
Hypertrophie du myocarde	6

Les 8 échographies de la région jugulaire ont confirmé des thromboses (88 % des cas) et des phlébites (75 % des cas).

Tableau XXVIII : Fréquence des anomalies visibles en échographie jugulaire dans l'effectif total

Anomalie échographique	Fréquence (en %)
Thrombose	88
Phlébite	75

En échographie oculaire (19 réalisées), trois principales anomalies ont été observées : des uvéites, des abcès stromaux et des kératites. Des cataractes ont aussi été rapportées mais dans moins de cas.

Tableau XXIX : Fréquence des anomalies visibles en échographie oculaire dans l'effectif total

Anomalie échographique	Fréquence (en %)
Uvéite	47
Abcès stromal	42
Kératite	42
Cataracte	16

Les trois scanners réalisés ont mis en évidence une brèche urétrale et une ostéomyélite. Le dernier n'a pas mis en évidence d'anomalies.

Nos données rapportent les anomalies clés mises en évidence lors des examens d'imagerie médicale du poulain de moins de 1 an.

En radiographie thoracique, les principales anomalies observées étaient les opacifications bronchiques, interstitielles et alvéolaires. En radiographie du squelette appendiculaire, on a trouvé principalement des tuméfactions des tissus mous, des fractures et des déviations angulaires.

En échographie thoracique, les premières anomalies retrouvées dans notre effectif étaient les irrégularités pleurales suivie par les consolidations pulmonaires. En échographie abdominale et ombilicales, on a observé de nombreux types d'anomalies sans en avoir une prédominante. En échographie articulaire, l'anomalie la plus observée était la synovite. En échocardiographie, c'étaient les régurgitations suivies des communications interventriculaires et interatriales. L'échographie jugulaire a logiquement révélé essentiellement des cas de thromboses et/ou des phlébites. En échographie oculaire, les trois principales anomalies notées ont été les uvéites, les abcès du stroma et les kératites.

3. Paramètres influençant les anomalies visibles

Toutes les anomalies n'ont pas été étudiées dans cette partie, ont été retenues celles qui présentaient un effectif suffisant ($N > 40$ pour les paramètres sanguins et $N > 30$ pour l'imagerie médicale) et qui avaient un intérêt clinique significatif. Ont donc été sélectionnées les anomalies suivantes :

- L'anémie illustrée par le taux d'hémoglobine et l'hématocrite ;
- La leucocytose et la leucopénie ;
- La neutrophilie et la neutropénie ;
- La thrombocytose ;
- L'hyperprotéïnémie due à l'hyperglobulinémie ;
- L'hypoalbuminémie ;
- L'augmentation de la SAA ;
- L'hyperlactatémie, dont l'effectif n'était que de 35 mais possédant un très fort intérêt clinique ;
- La hausse des CK ;
- La hausse des GGT ;
- L'hypernatrémie ;

- L'hyperchlorémie ;
- Les opacifications interstitielles, bronchiques ou alvéolaires en radiographie thoracique ;
- Les fractures ou les déviations angulaires (sans différenciation par le nombre d'articulations atteintes) en radiographie du squelette appendiculaire ;
- Les irrégularités pleurales en échographie thoracique ;
- L'omphaloartérite, l'omphalophlébite et l'ourachite en échographie ombilicale.

Pour chacune de ces anomalies, l'effet de l'âge et de la pathologie a été étudié. Les figures 13 à 43 présentent les fréquences des anomalies observées au sein des différentes classes d'âge et des catégories d'affection. Des modèles de régression logistique ont été réalisés. Le seuil de significativité pour les odds ratios a été fixé à une p-value <0,05. L'ensemble des valeurs détaillées des p-values et odds ratios obtenus est détaillé dans les annexes 1 à 21.

a. L'anémie

Les figures 13 et 14 montrent que la fréquence de l'anémie a fait un pic autour d'un à 2 mois d'âge avec 67 % des NFS réalisées à cet âge présentant une diminution de l'hématocrite sous les valeurs de référence.

Quarante-sept pour cent des NFS réalisées chez des poulains présentant une septicémie ou un traumatisme ont montré une diminution de l'hématocrite, ce qui est plus important que chez les poulains souffrant d'une affection musculosquelettique (35 %) ou d'une affection digestive (30 %). La diminution de l'hémoglobine semble moins influencée par l'âge ou par la catégorie d'affection que la baisse de l'hématocrite. Ceci s'explique par la sous-estimation de l'hématocrite par l'automate qui fait une lecture indirecte.

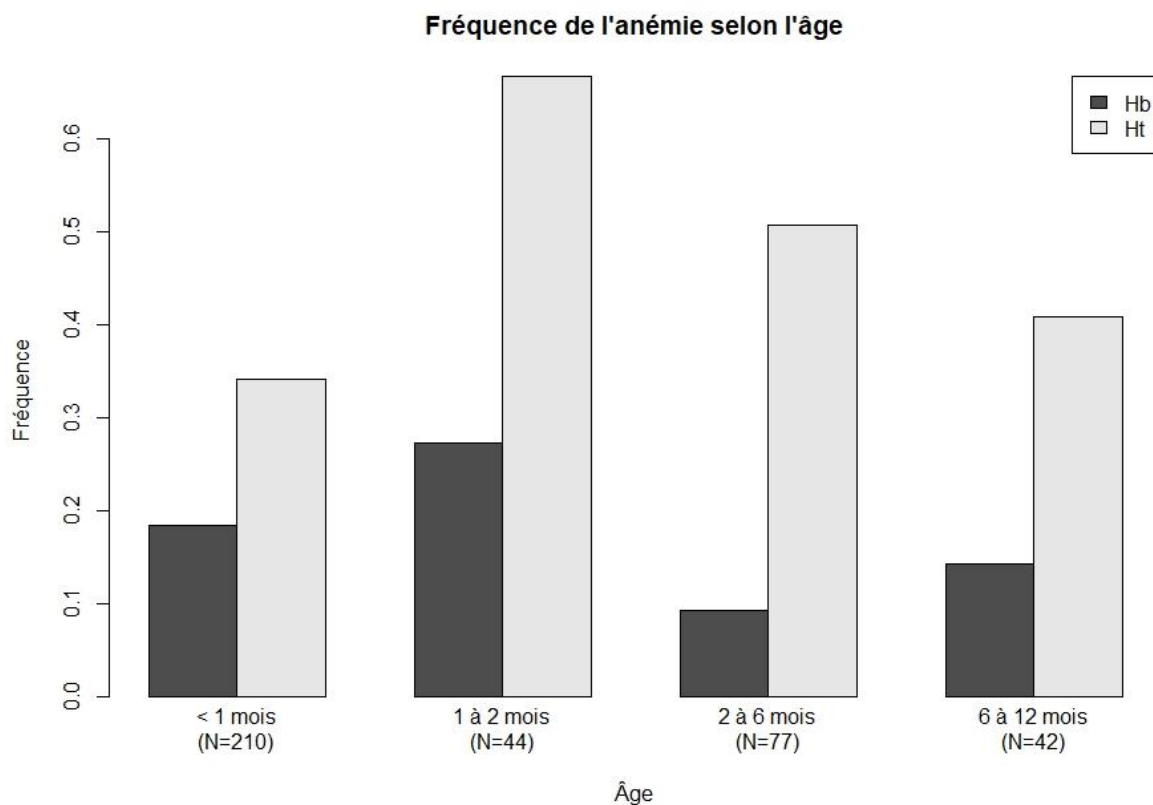


Figure 13 : Fréquence de l'anémie selon l'âge

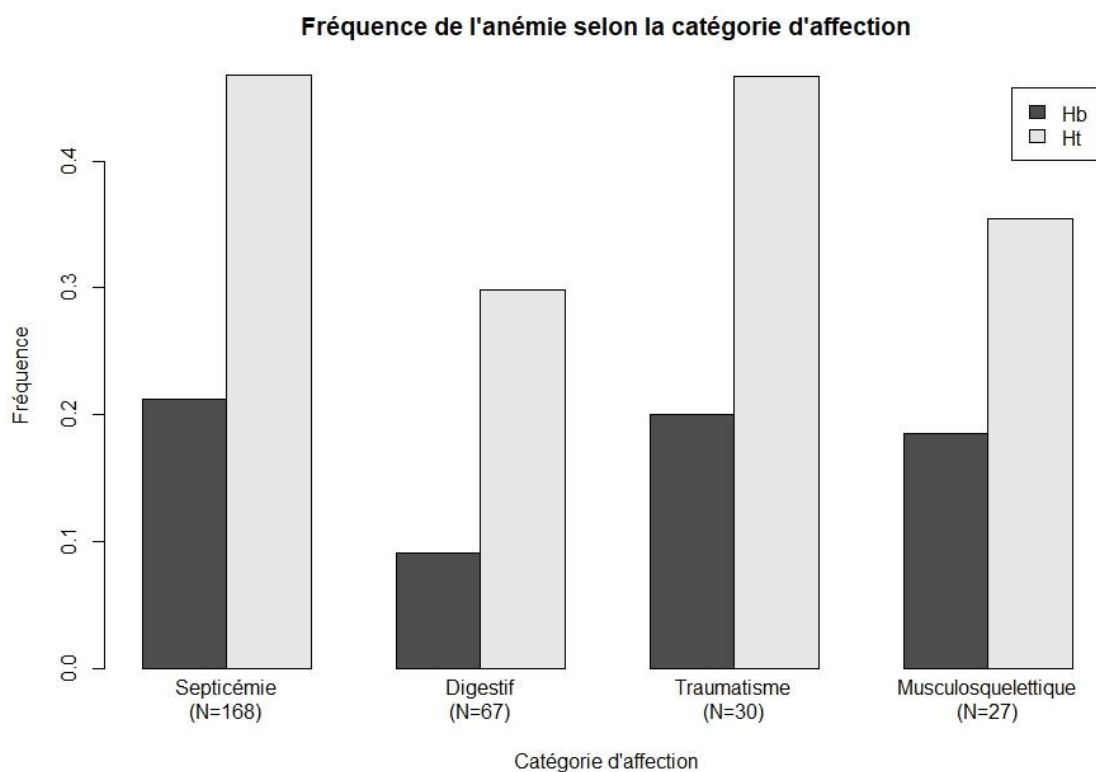


Figure 14 : Fréquence de l'anémie selon la catégorie d'affection

Une **régression logistique** sur la présence et l'absence de l'anémie en fonction des quatre catégories d'affection et des quatre classes d'âge a été effectuée pour l'hémoglobine

mais pas pour l'hématocrite en raison de sa sous-estimation par l'automate. Cette analyse n'a pas montré de risque significativement différent de présenter une baisse du taux d'hémoglobine selon les différents facteurs (catégorie d'affection et classe d'âge).

b. Leucocytose et leucopénie

La leucocytose a été plus fréquente chez les poulains âgés d'un à deux mois et chez ceux âgés de deux à six mois, où elle est présente dans 34 et 28 % des cas respectivement. Elle semble peu influencée par la catégorie d'affection car elle a été présentée chez 17 % des analyses réalisées chez les poulains septicémiques comme ceux atteints d'une affection musculosquelettique, chez 23 % pour les affections digestives et 25 % pour les affections traumatiques.

La fréquence de la leucopénie, quant à elle, décroît avec l'âge. Vingt-neuf pour cent des NFS réalisées chez les poulains de moins d'un mois ont montré une leucopénie, ce chiffre passe à 9 % pour les poulains d'un à deux mois, à 5 % pour les poulains de deux à six mois puis à 4 % pour les poulains de six à douze mois. La leucopénie a été aussi plus présente chez les poulains atteints de septicémie (25 % des NFS réalisées) que chez les autres catégories d'affection (15 à 19 % des NFS réalisées), ce qui explique l'effet âge et est concordant avec la pathophysiologie de la septicémie.

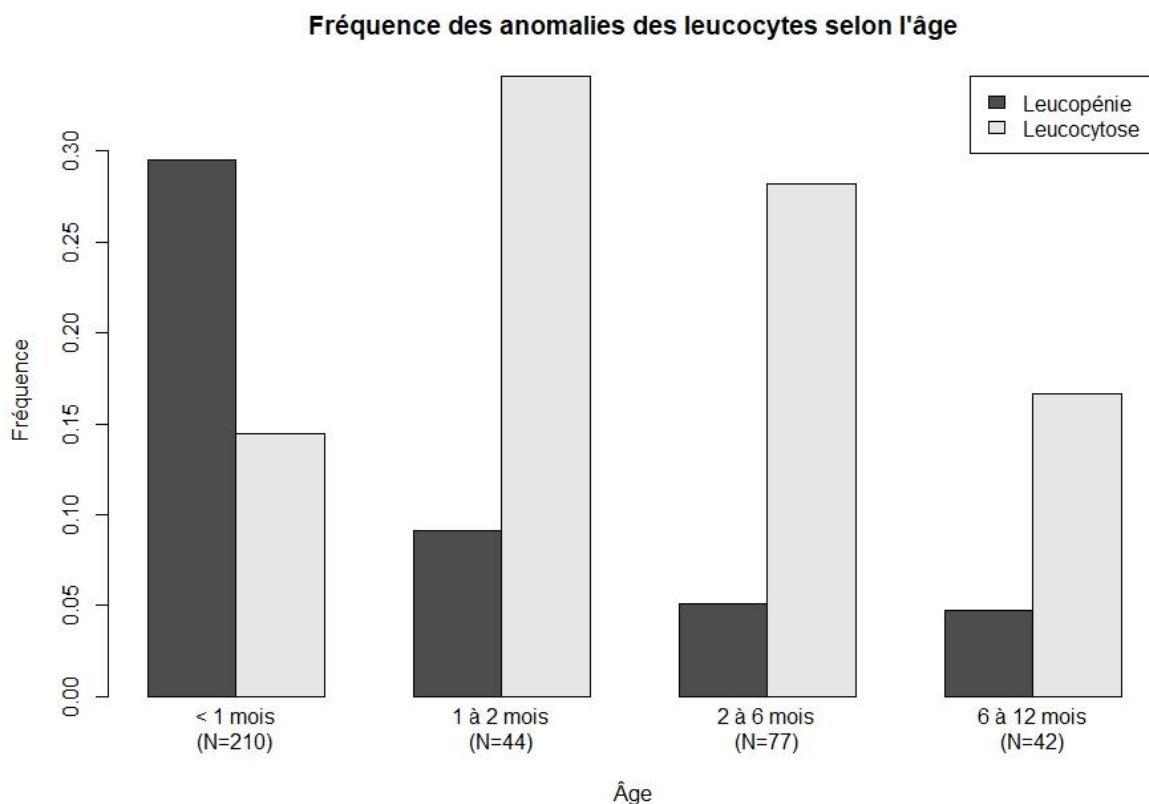


Figure 15 : Fréquence des anomalies leucocytaires selon l'âge

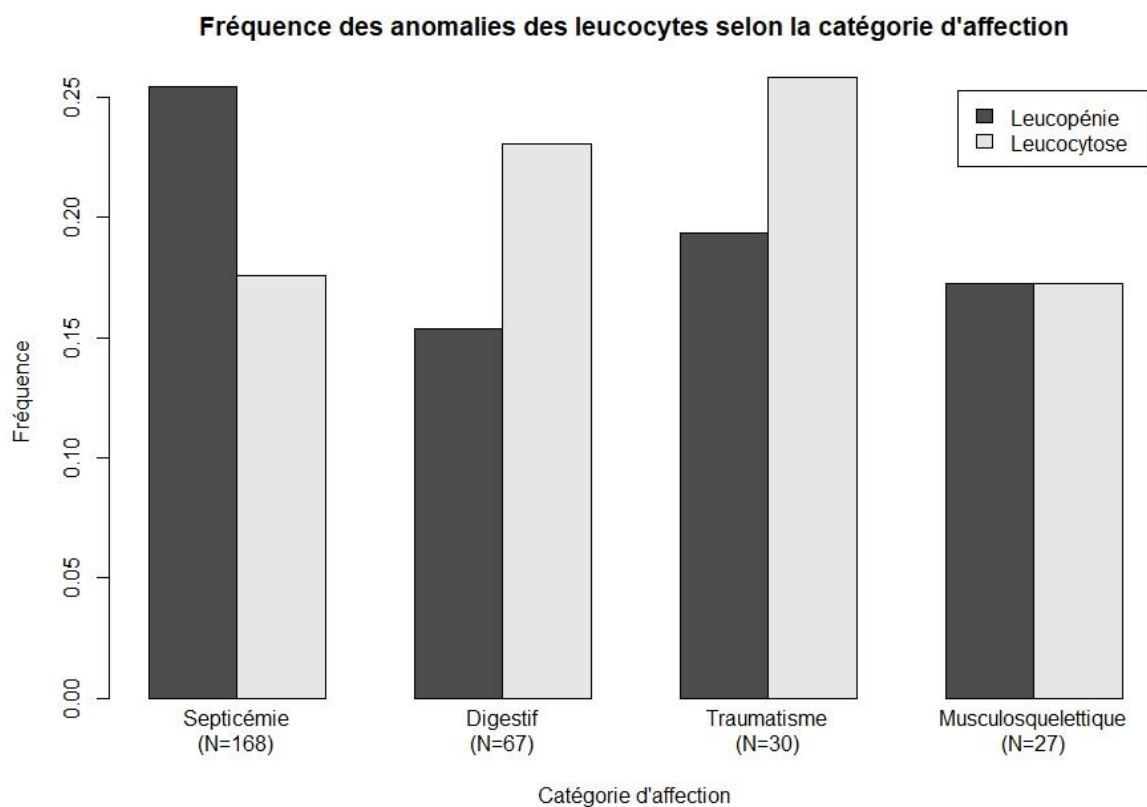


Figure 16 : Fréquence des anomalies leucocytaires selon la catégorie d'affection

Pour la leucocytose, le modèle de **régression logistique** le plus vraisemblable était celui ne prenant en compte que les classes d'âge comme facteurs. La différence d'AIC avec le modèle complet était de 7,48. Le modèle a mis en évidence des odds ratios (OR) de 3,05 pour les poulains âgés d'un à deux mois et de 2,32 pour ceux âgés de deux à six mois par rapport à ceux de moins d'un mois (avec une p-value inférieure à 0,01). Le risque de présenter une leucocytose est donc significativement plus élevé chez les poulains d'un à six mois que chez ceux de moins d'un mois, ce qui va probablement de pair avec les résultats trouvés pour la leucopénie.

Pour la leucopénie, la différence d'AIC entre les modèles était seulement de 2,17, donc par principe de parcimonie, seul le modèle avec les classes d'âge comme facteurs a été conservé, et non le modèle complet. Le modèle de **régression logistique** a permis d'obtenir des OR de 0,24 pour les poulains d'un à deux mois, 0,13 pour ceux de deux à six mois et de 0,12 pour ceux de six à douze mois (p-value < 0,01). Les intervalles de confiance de ces 3 OR se recoupant, ils ne sont donc pas significativement différents les uns des autres mais il y a un risque significativement moins important de présenter une leucopénie chez les poulains de plus d'un mois que ceux de moins d'un mois.

c. Neutrophilie et neutropénie

Comme pour la leucocytose, la neutrophilie est apparue plus présente chez les poulains d'un à six mois mais de manière moins marquée : 34 % des cas chez les poulains d'un à deux mois et 30 % chez ceux de deux à six mois contre 23 % chez ceux de moins d'un mois et 25 % chez ceux de 6 mois à 1 an. Elle n'a pas semblé non plus influencée par la pathologie du poulain

car toutes les catégories d'affection ont eu une fréquence de neutrophilie comprise entre 25 et 31 %.

La neutropénie a été plus fréquente chez les poulains de moins d'un mois (33 % des cas) que chez les autres (18 à 23 % des cas). Elle était moins présente chez ceux présentant une affection musculosquelettique (17 % des cas) que ceux présentant un autre type d'affection (30 à 32 %), ce qui va avec le fait que les affections musculosquelettiques sont moins reliées à un mécanisme inflammatoire primaire.

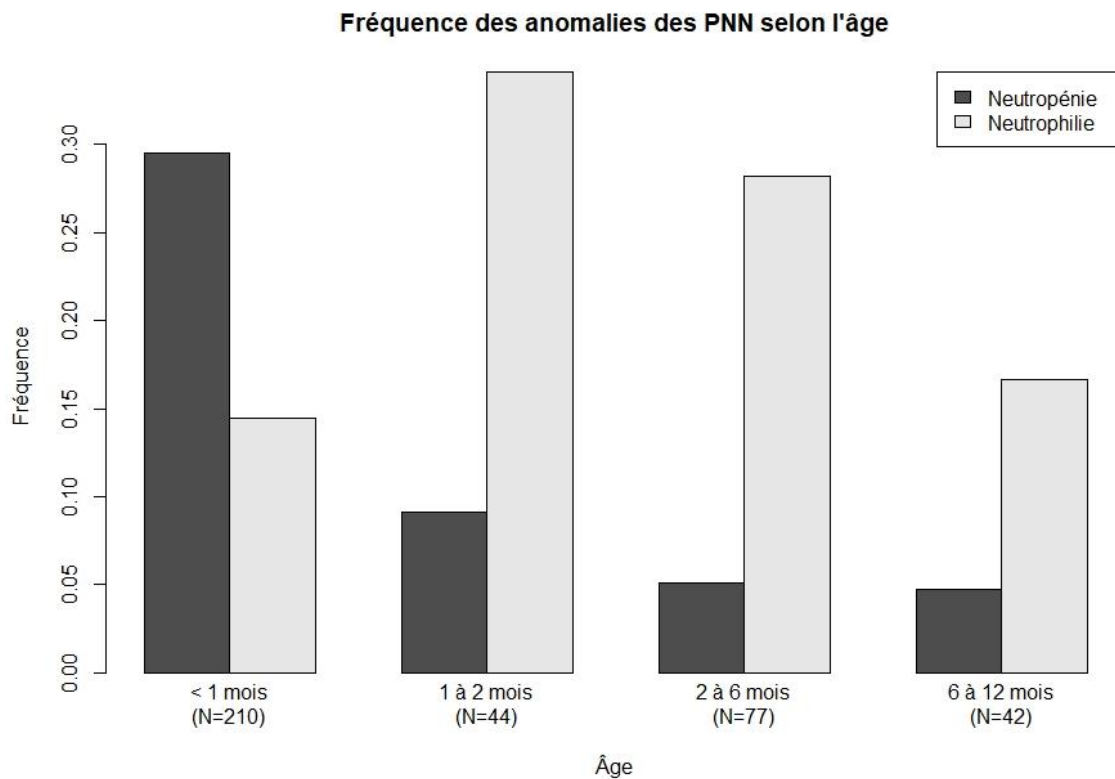


Figure 17 : Fréquence des anomalies des PNN selon l'âge

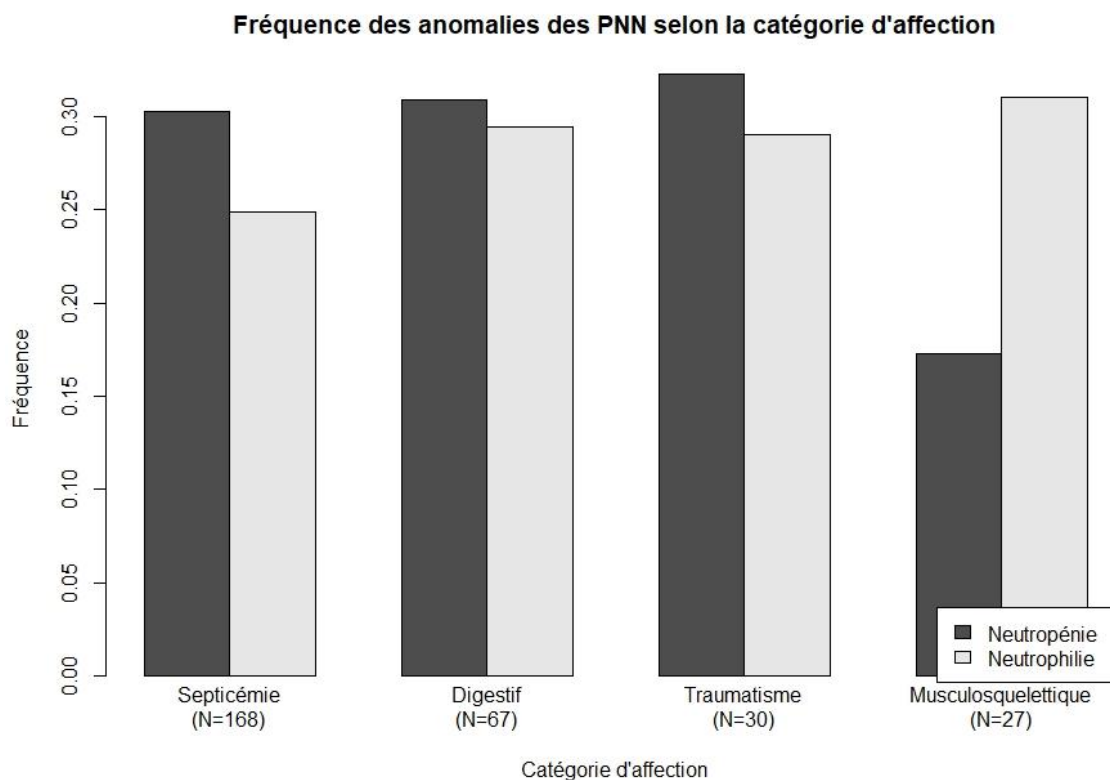


Figure 18 : Fréquence des anomalies des PNN selon la catégorie d'affection

Le modèle de **régression logistique** pour la neutrophilie n'a pas mis en évidence de risque significativement augmenté ou diminué de présenter une neutrophilie pour chacune des variables.

Quant à la neutropénie, le modèle de **régression logistique** sélectionné était le modèle complet. On a obtenu des OR 0,41 pour la catégorie d'âge deux à six mois et 2,26 pour les affections digestives ($p\text{-value} < 0,05$). Le risque d'avoir une neutropénie est donc moins grand chez les poulains de deux à six mois mais il est plus grand chez ceux présentant une affection digestive.

d. La thrombocytose

Dans notre échantillon, la thrombocytose était bien plus présente chez les poulains avant six mois d'âge avec un pic entre un et deux mois, comme visible sur la figure 20. En effet, la fréquence de cette anomalie au cours des NFS réalisées, était de 21 à 43 % chez les poulains de moins de six mois contre 7 % pour ceux de plus de six mois. Elle est intéressante à toujours analyser et est bien plus fréquente chez les poulains atteints de septicémie, d'affection digestive et de traumatisme (22 à 30 % des NFS réalisées) que chez ceux atteints d'affection musculosquelettique (seulement 4 %).

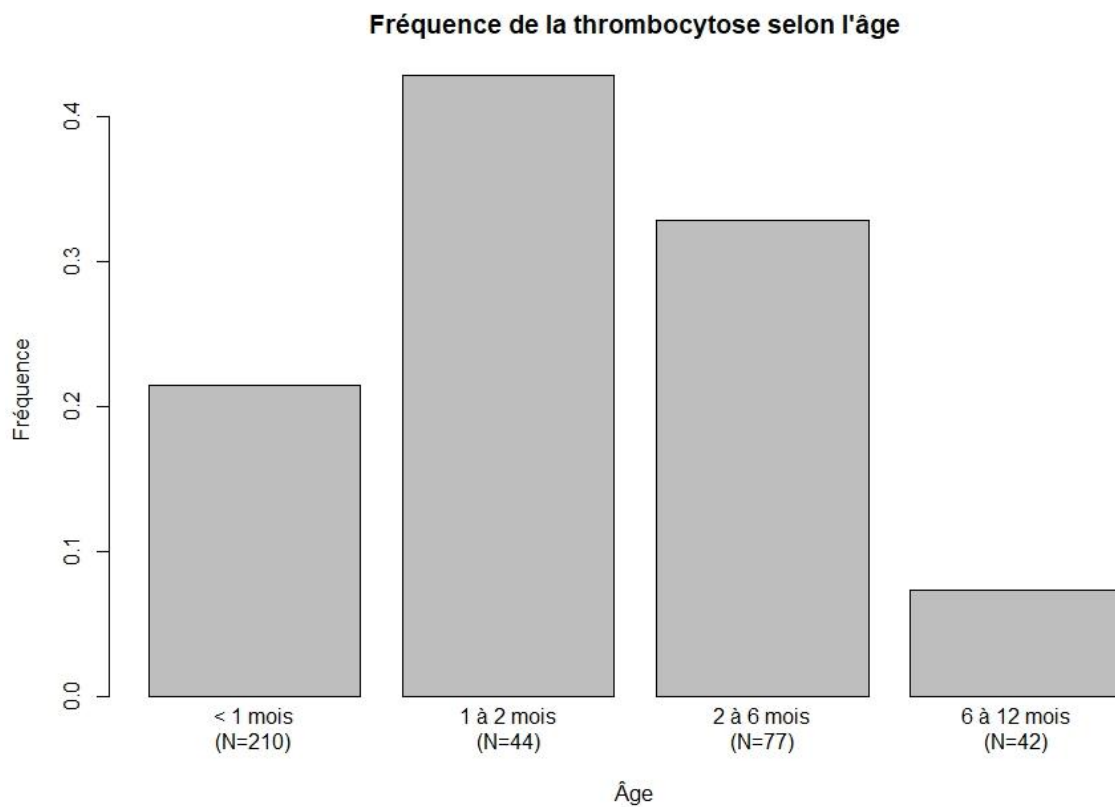


Figure 19 : Fréquence de la thrombocytose selon l'âge

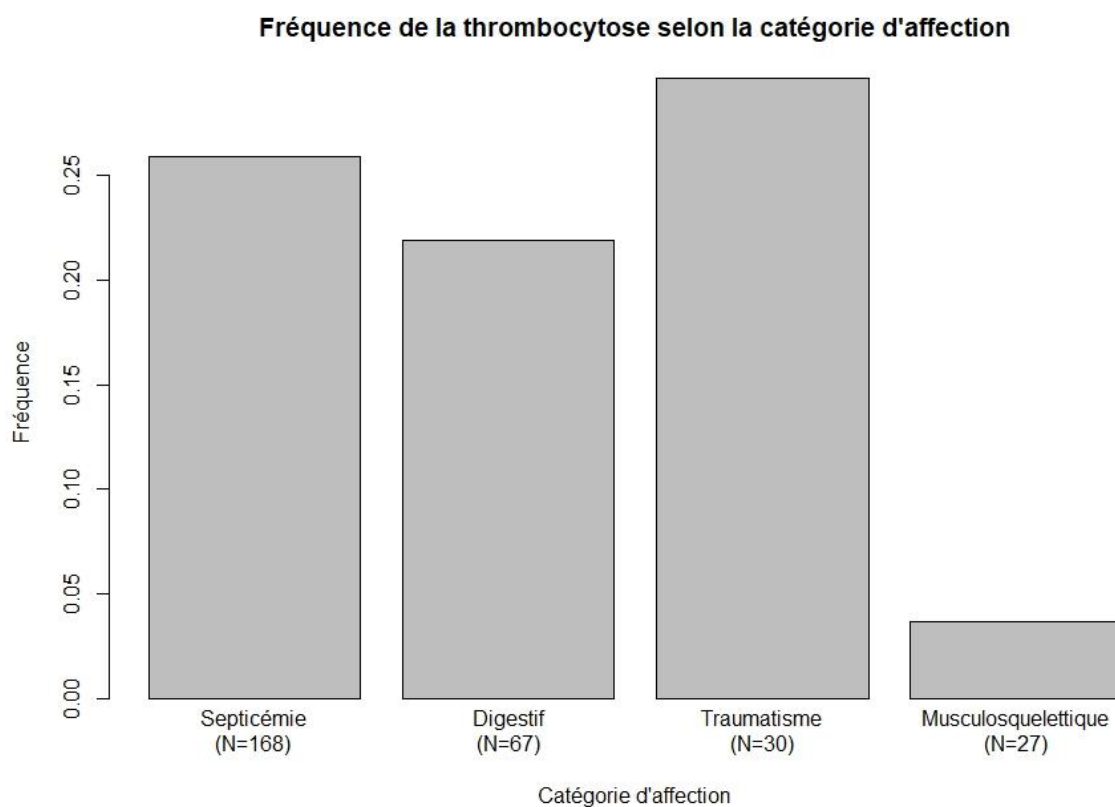


Figure 20 : Fréquence de la thrombocytose selon la catégorie d'affection

Pour la thrombocytose, le modèle de **régression logistique** le plus vraisemblable était celui prenant en compte uniquement les classes d'âge (différence d'AIC >5). Les OR obtenus avec une p-value < 0,05 étaient : 2,74 pour les poulains d'un à deux mois et 0,29 pour ceux de 6 à 12 mois. L'OR pour les affections musculosquelettiques n'était pas significatif dans les modèles testés (p-value > 0,05). Le risque de présenter une thrombocytose est donc plus important chez les poulains d'un à deux mois que chez ceux de moins d'un mois mais il est moins important chez ceux de six à douze mois.

e. L'hyperprotéinémie

Sur la figure 22, on voit que l'hyperprotéinémie inflammatoire (non causée par une hyperalbuminémie donc) était moins présente chez les poulains de moins d'un mois que chez les autres (13 % seulement contre 43 % pour les poulains d'un à deux mois, 26 % pour les deux à six mois et pour les six à douze mois). Elle était légèrement moins présente chez les poulains atteints de septicémie (22 % des cas) que chez les autres (environ 30 % des cas).

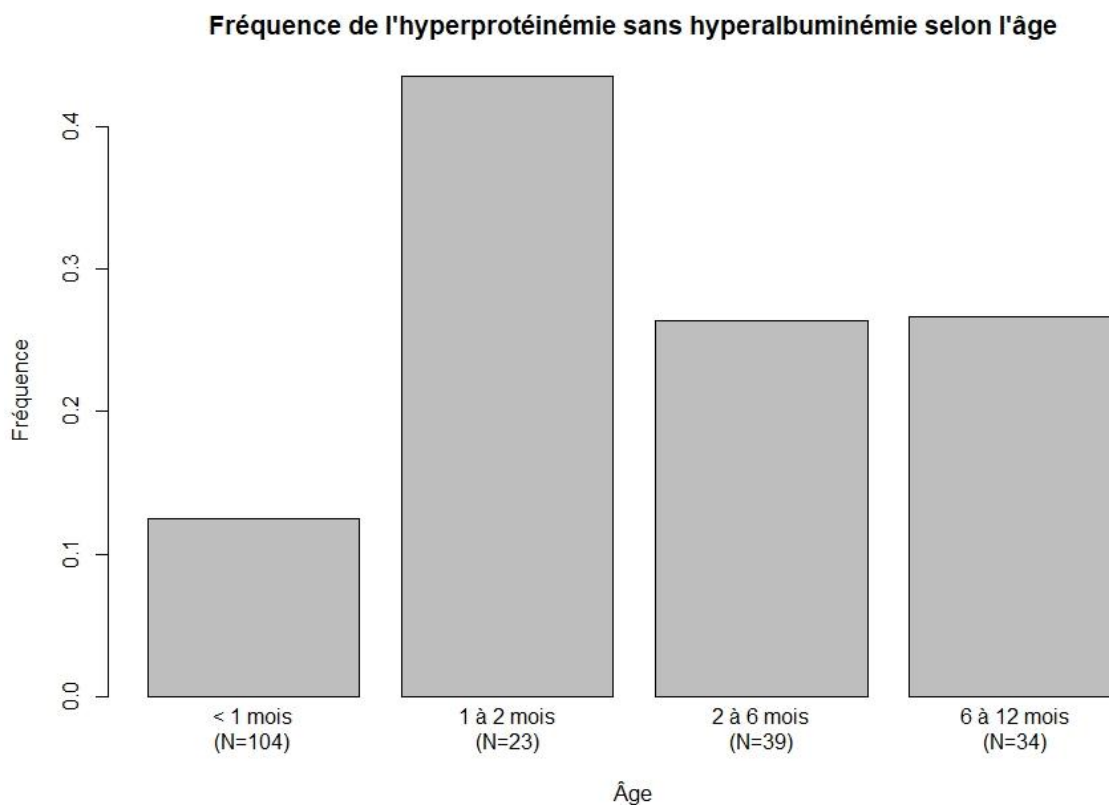


Figure 21 : Fréquence de l'hyperprotéinémie inflammatoire selon l'âge

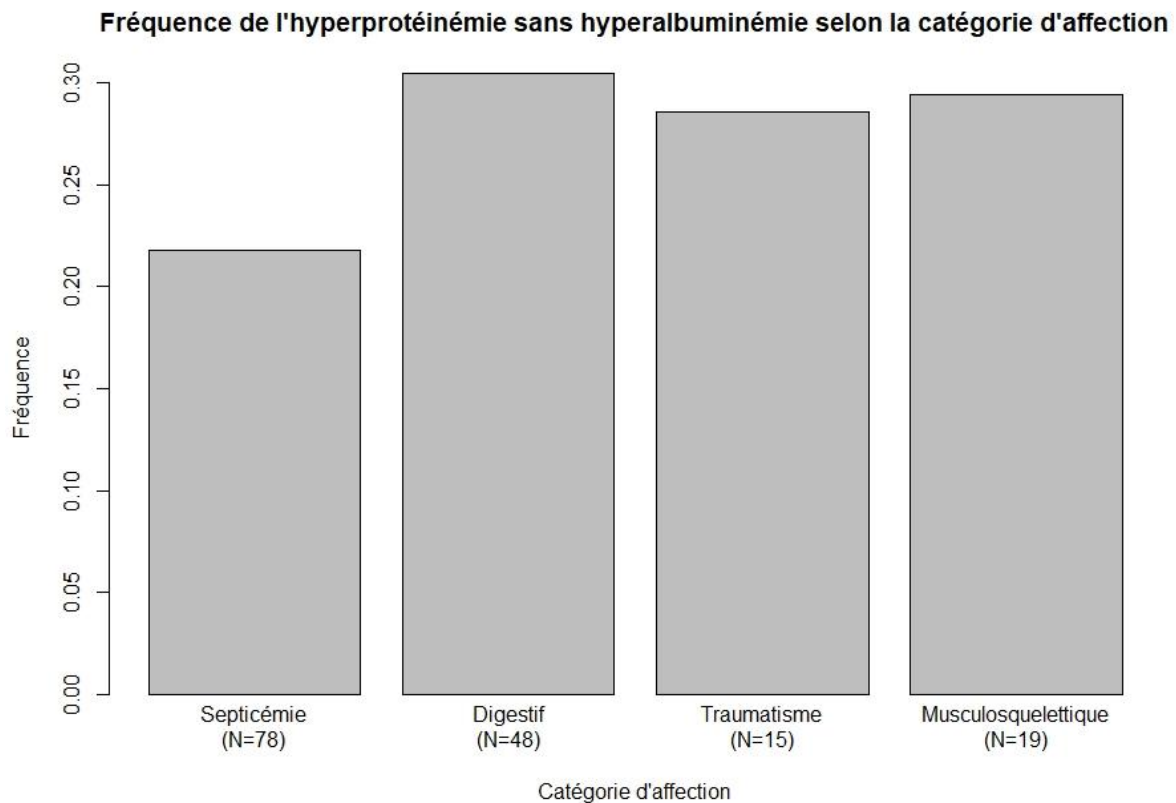


Figure 22 : Fréquence de l'hyperprotéinémie inflammatoire selon la catégorie d'affection

La **régression logistique** a montré des OR significatifs pour les poulains d'un à deux mois (OR=5,13), les poulains septicémiques (OR=5,34), les poulains atteints d'une affection digestive (OR=6,37) et ceux atteints d'une affection musculosquelettique (OR=6,72). Ainsi, le risque de développer une hyperprotéinémie est significativement augmenté chez les poulains d'un à deux mois, chez ceux atteints de septicémie, d'affection digestive ou d'affection musculosquelettique.

f. L'hypoalbuminémie

La figure 24 nous montre que l'hypoalbuminémie a été retrouvée surtout chez les poulains de moins d'un mois (32 % des analyses effectuées), puis chez ceux de deux à six mois (23 %). Cette anomalie n'a jamais été mesurée chez les poulains présentant une affection traumatique dans notre échantillon, et elle a été présentée de manière similaire dans les trois autres catégories d'affections (de 17 à 23 %).

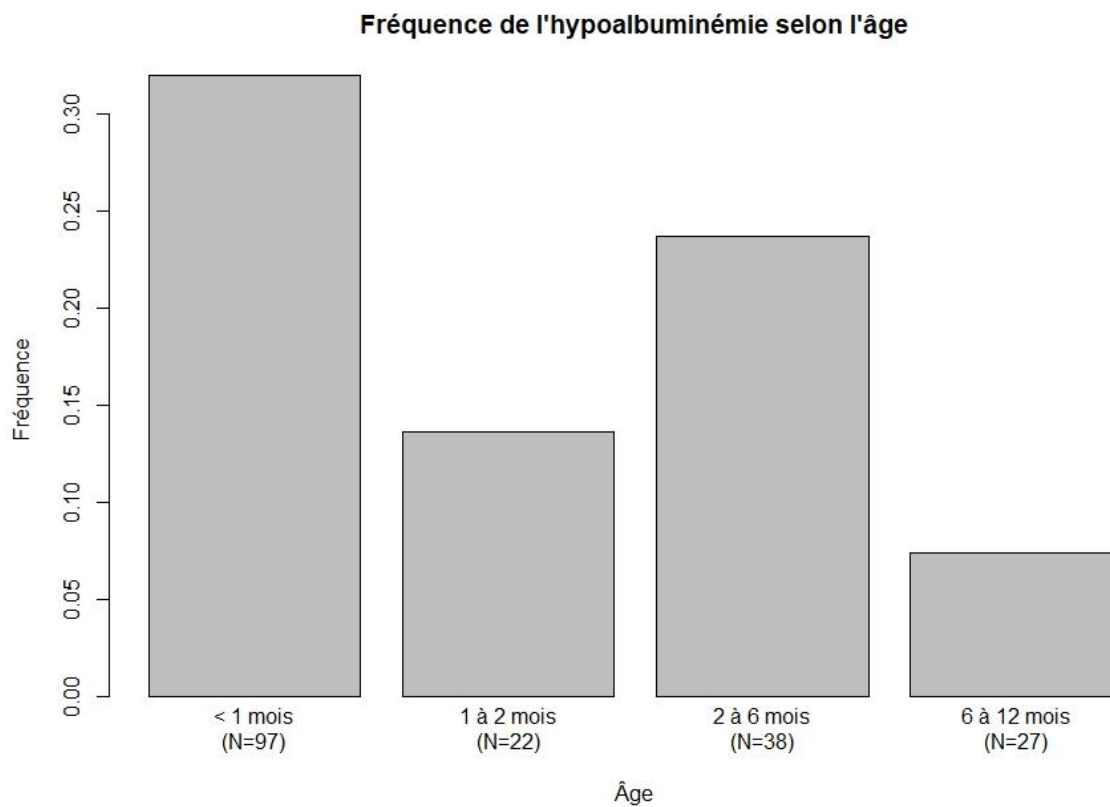


Figure 23 : Fréquence de l'hypoalbuminémie selon l'âge

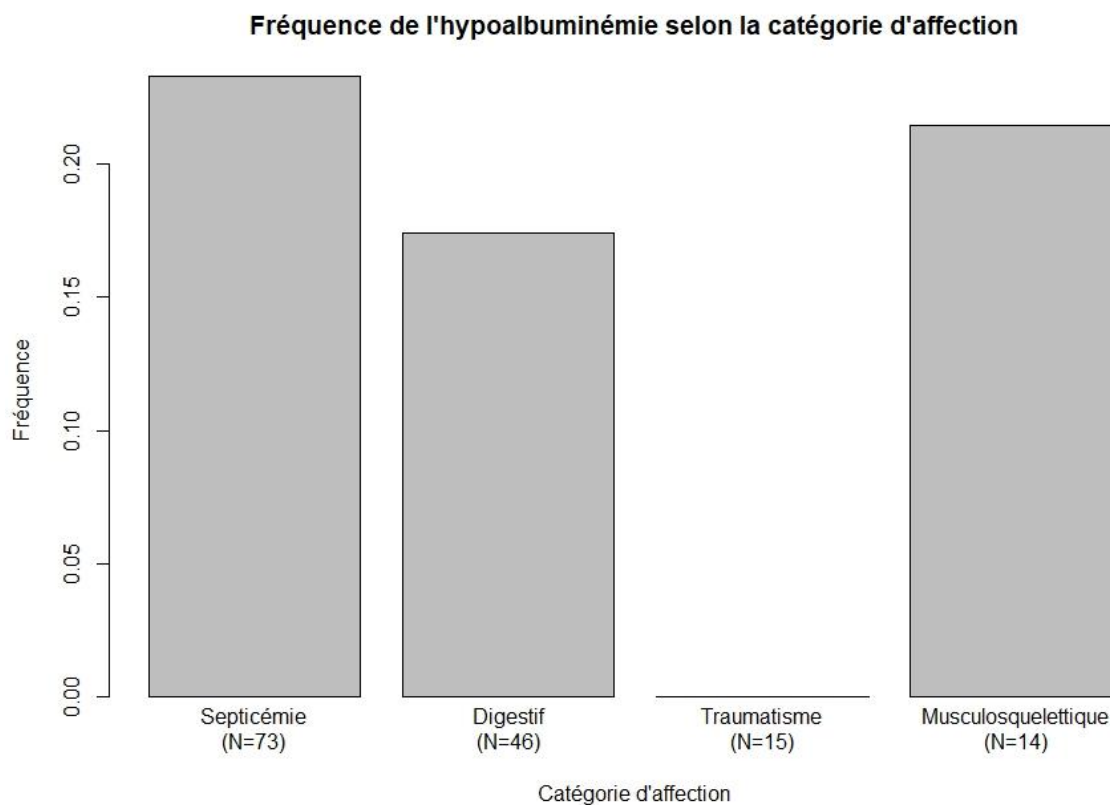


Figure 24 : Fréquence de l'hypoalbuminémie selon la catégorie d'affection

A cause du problème de séparation, la catégorie traumatisme a été retirée de la régression logistique. Il est ressorti que les poulains âgés de plus de six mois ont moins de risque de présenter une hypoalbuminémie (OR = 0,17, p-value < 0,05).

g. L'augmentation de la SAA

Sur les figures 26 et 27, l'augmentation de la SAA n'apparaît pas être influencée par l'âge car toutes les classes d'âge présentent une fréquence d'anomalie comprise entre 53 et 55 %. Elle semble légèrement influencée par la catégorie d'affection avec 52 % des poulains septicémiques présentant une SAA au-dessus des valeurs de référence, 64 % pour les poulains atteints d'une affection digestive, 70 % pour les poulains atteints d'un traumatisme et 75 % pour ceux atteints d'une affection musculosquelettique. La SAA étant un paramètre très sensible, il arrive souvent que les valeurs usuelles soient dépassées. Il aurait été intéressant de prendre une valeur de référence plus élevée.

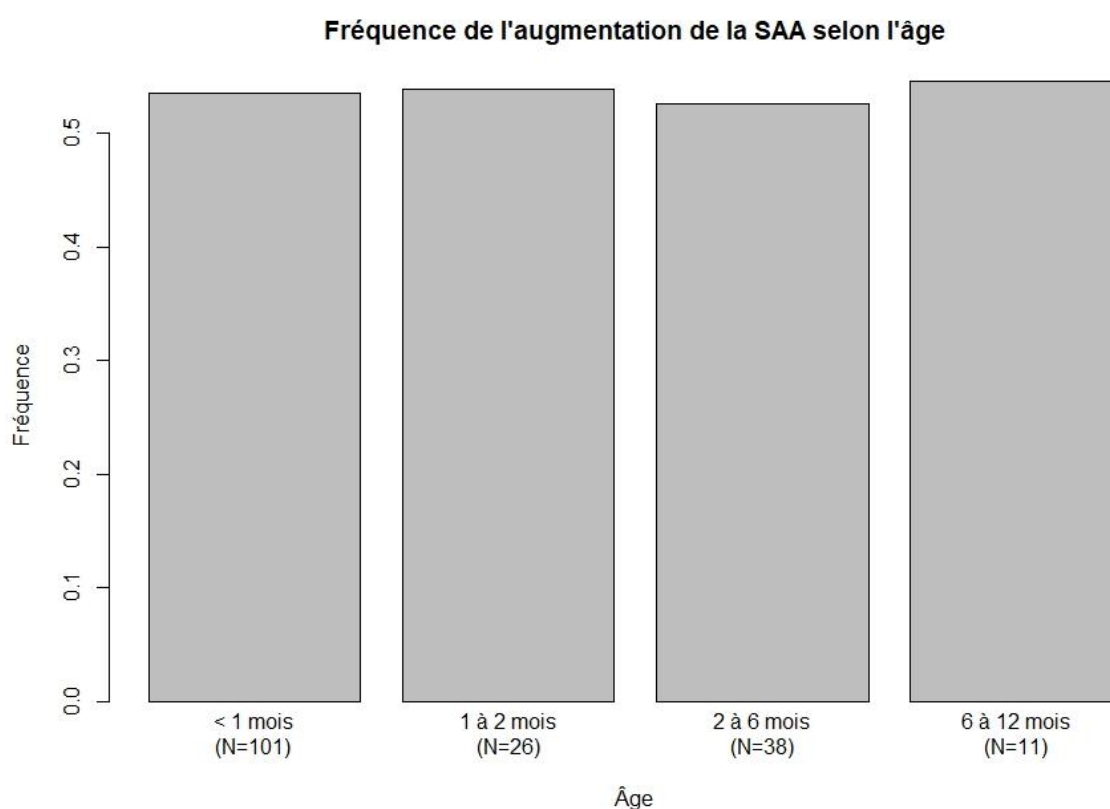


Figure 25 : Fréquence de l'augmentation de la SAA selon l'âge

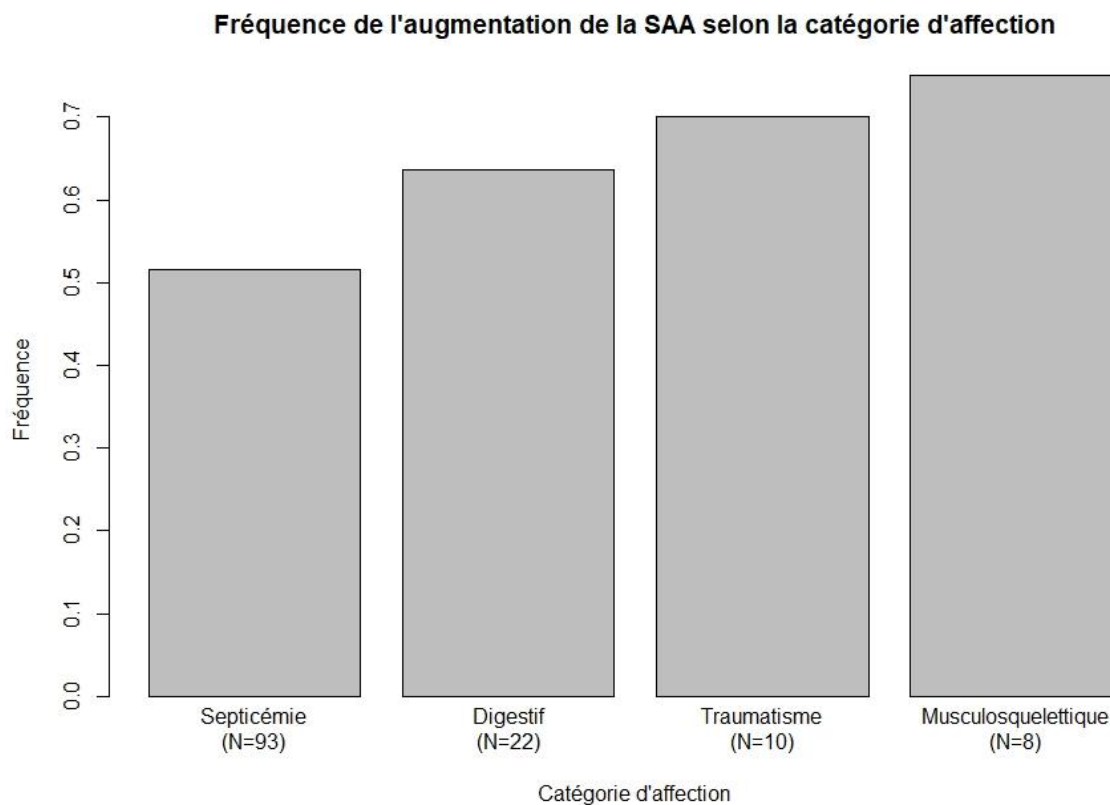


Figure 26 : Fréquence de l'augmentation de la SAA selon la catégorie d'affection

La **régression logistique** n'a pas permis de mettre en évidence une influence significative des différents facteurs sur le risque d'avoir une SAA augmentée.

h. L'hyperlactatémie

D'après la figure 28, l'hyperlactatémie a été davantage retrouvée chez les jeunes poulains de moins d'un mois (dans 47 % des analyses effectuées) que chez les autres (de 20 à 27 % des analyses effectuées). Elle semble aussi influencée par la catégorie d'affection et on l'a retrouvée par ordre décroissant chez les poulains atteints d'affections musculosquelettiques (50 % des cas), puis chez ceux septicémiques (39 % des cas), ceux présentant un traumatisme (33 % des cas) et ceux présentant une affection digestive (24 % des cas).

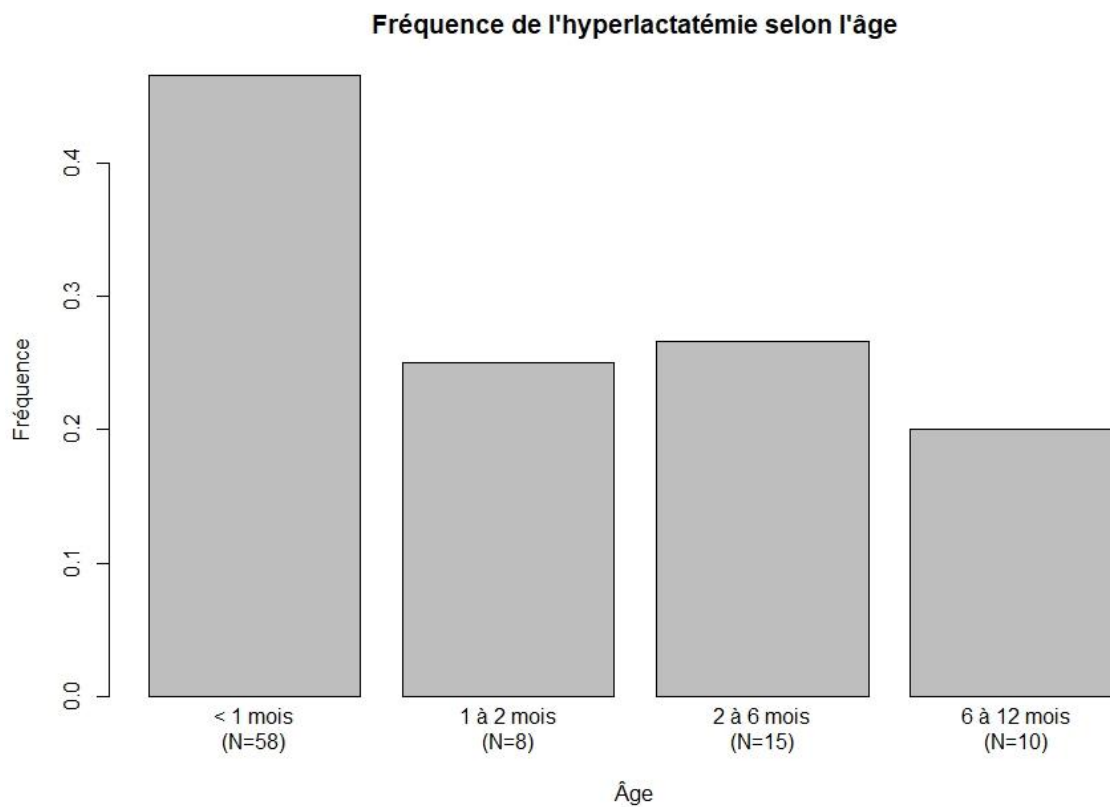


Figure 27 : Fréquence de l'hyperlactatémie selon l'âge

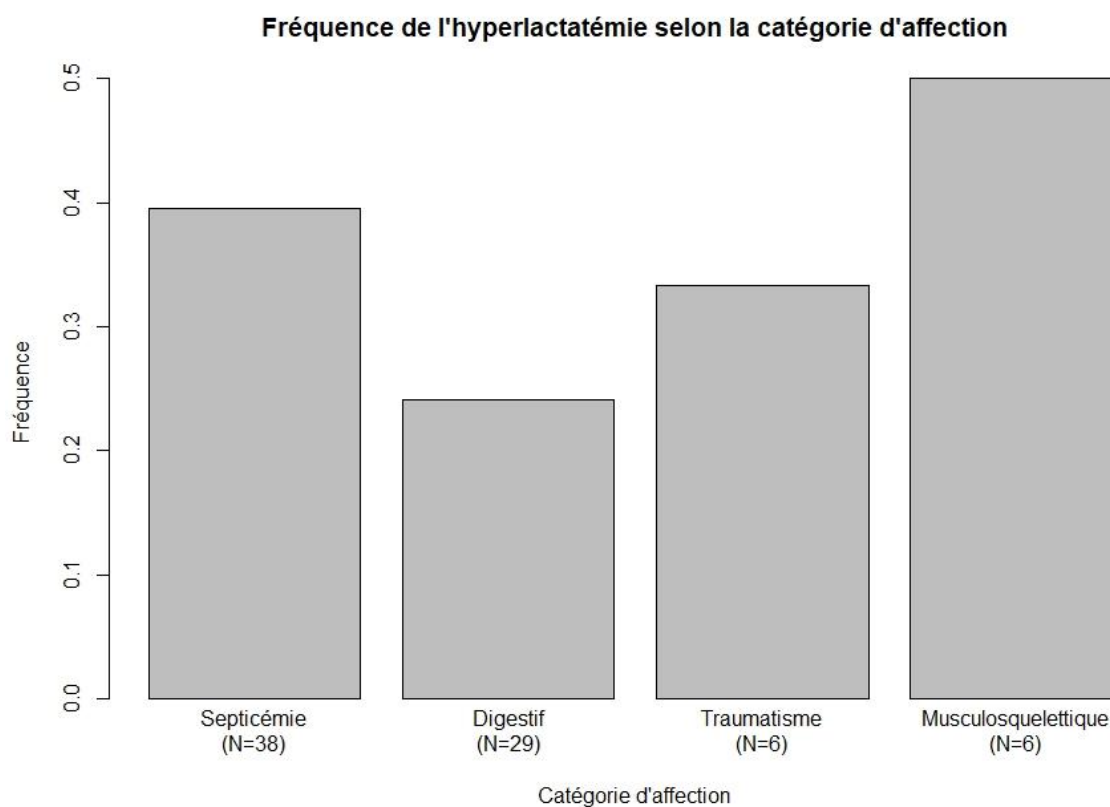


Figure 28 : Fréquence de l'hyperlactatémie selon la catégorie d'affection

La **régression logistique** n'a pas permis de mettre en évidence une influence significative des différents facteurs sur le risque d'avoir une hyperlactatémie même pour les différentes classes d'âge.

i. La hausse des CK

Sur la figure 30, on peut voir que l'augmentation de l'activité des CK était moins fréquente chez les poulains d'un à six mois (28 et 33 %) par rapport aux autres (47 %). Comme attendu, elle était largement plus fréquente chez les poulains ayant une atteinte musculosquelettique (85 %) que chez les autres.

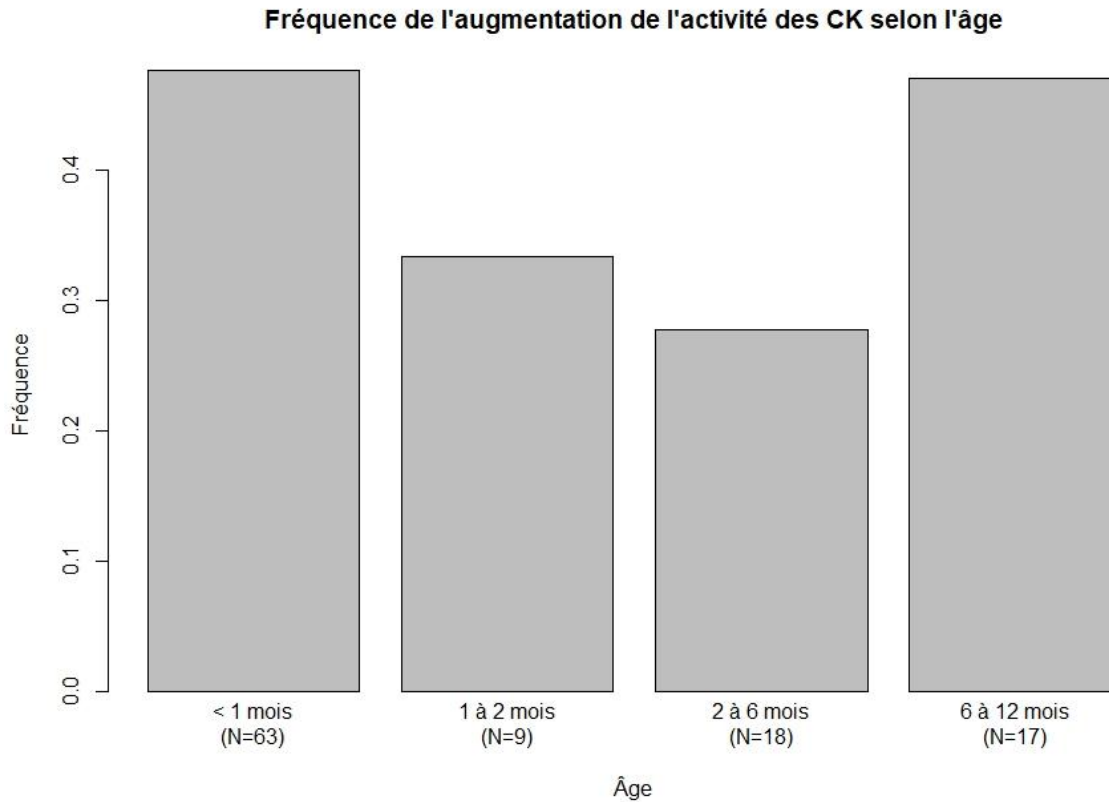


Figure 29 : Fréquence de l'augmentation de l'activité des CK selon l'âge

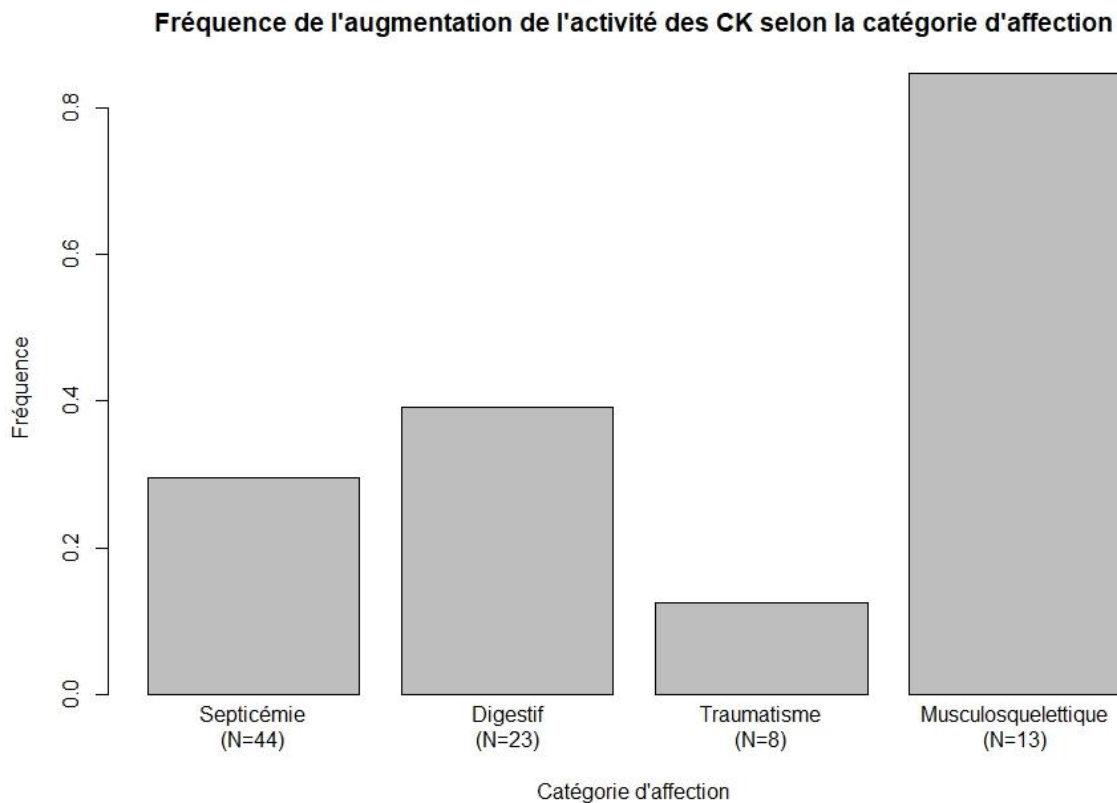


Figure 30 : Fréquence de l'augmentation de l'activité des CK selon la catégorie d'affection

Le modèle de **régression logistique** retenu pour l'augmentation des CK était celui prenant en compte uniquement les catégories d'affection. Il a montré les OR suivants : 0,21 pour la catégorie septicémie, 6,48 pour la catégorie musculosquelettique et 0,09 pour la catégorie traumatisme ($p\text{-value} < 0,05$). Les poulains présentant une affection musculosquelettique ont plus de risques d'avoir une augmentation des CK alors que ceux atteints de septicémie ou d'un traumatisme ont moins de risques.

j. La hausse des GGT

Sur la figure 32, on voit que l'augmentation des GGT a été retrouvée plus fréquemment chez les poulains de moins d'un mois (fréquence de 51 %) et ceux de plus de six mois (fréquence de 50 %) que ceux d'un à six mois (fréquence d'environ 15 %). La figure 33 indique que cette augmentation a aussi été plus fréquemment retrouvée chez ceux présentant une affection musculosquelettique (60 % des cas), puis chez ceux atteints de septicémie (47 % des cas), ceux atteints d'une affection traumatique (44 % des cas) et enfin ceux avec une affection digestive (21 % des cas).

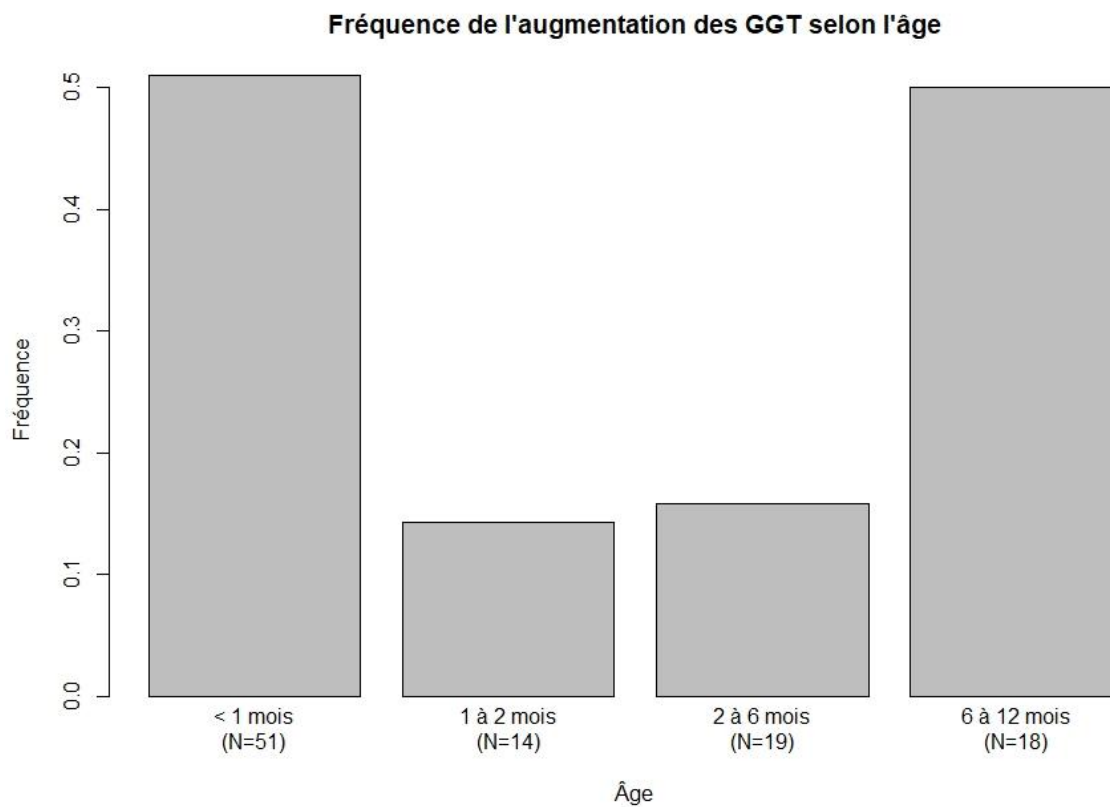


Figure 31 : Fréquence de l'augmentation GGT selon l'âge

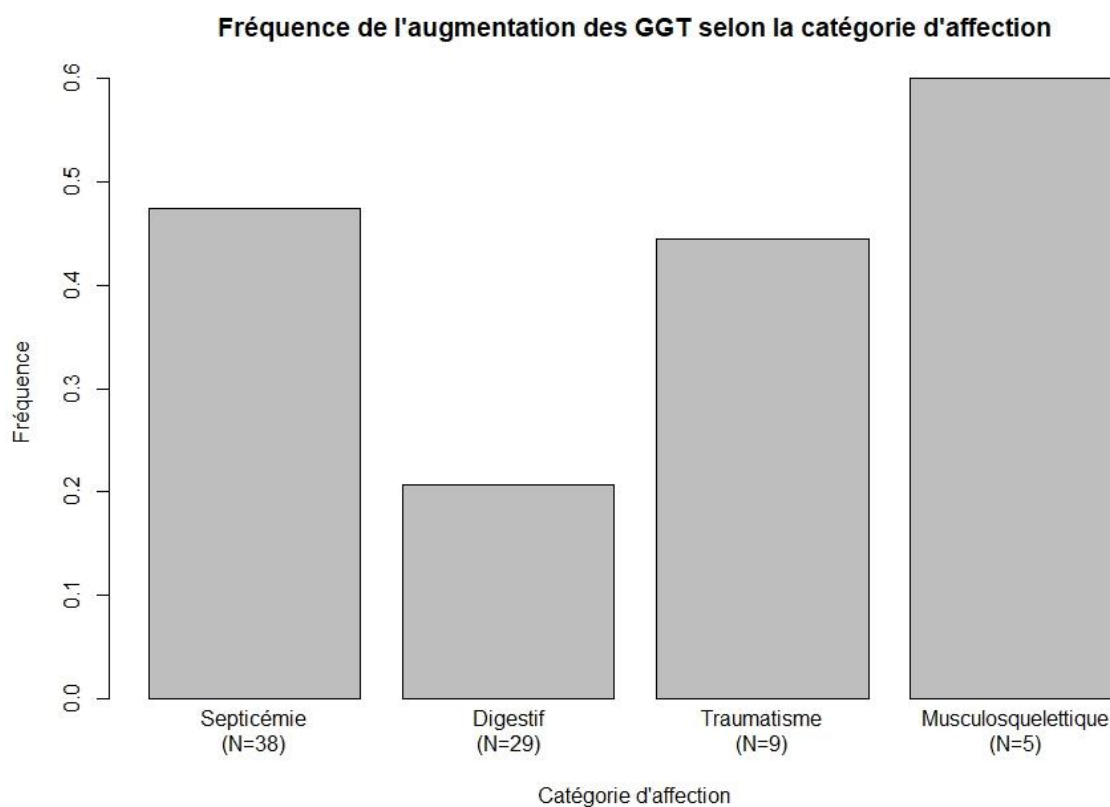


Figure 32 : Fréquence de l'augmentation des GGT selon la catégorie d'affection

Le modèle de **régression logistique** le plus adapté pour ce paramètre biochimique était celui incluant les classes d'âge et la catégorie d'affection « Digestif ». Les OR étaient significatifs pour les classes d'âge un à deux mois (OR = 0,16) et deux à six mois (OR = 0,24) ainsi que pour la catégorie Digestif (OR = 0,28). Les poulains âgés d'un à six mois et ceux présentant une affection digestive ont donc moins de risque de présenter une hausse des GGT.

k. L'hypernatrémie et l'hyperchlorémie

D'après la figure 34, on peut remarquer que la fréquence de l'hypernatrémie a eu tendance à diminuer avec l'âge du poulain et elle est passée de 60 % chez les moins d'un mois à 29% dans la catégorie la plus âgée. Elle semble plus présente chez les poulains présentant une affection digestive avec 73% des analyses effectuées contre un maximum de 55% des analyses effectuées pour les poulains atteints de septicémie.

L'hyperchlorémie, quant à elle, était plus fréquente chez les jeunes poulains de moins de deux mois que chez les autres (59 et 67 % contre 10 et 14 %) mais elle n'était pas influencée par la catégorie d'affection (fréquence de l'anomalie comprise entre 50 et 60 % pour tous les types d'affections).

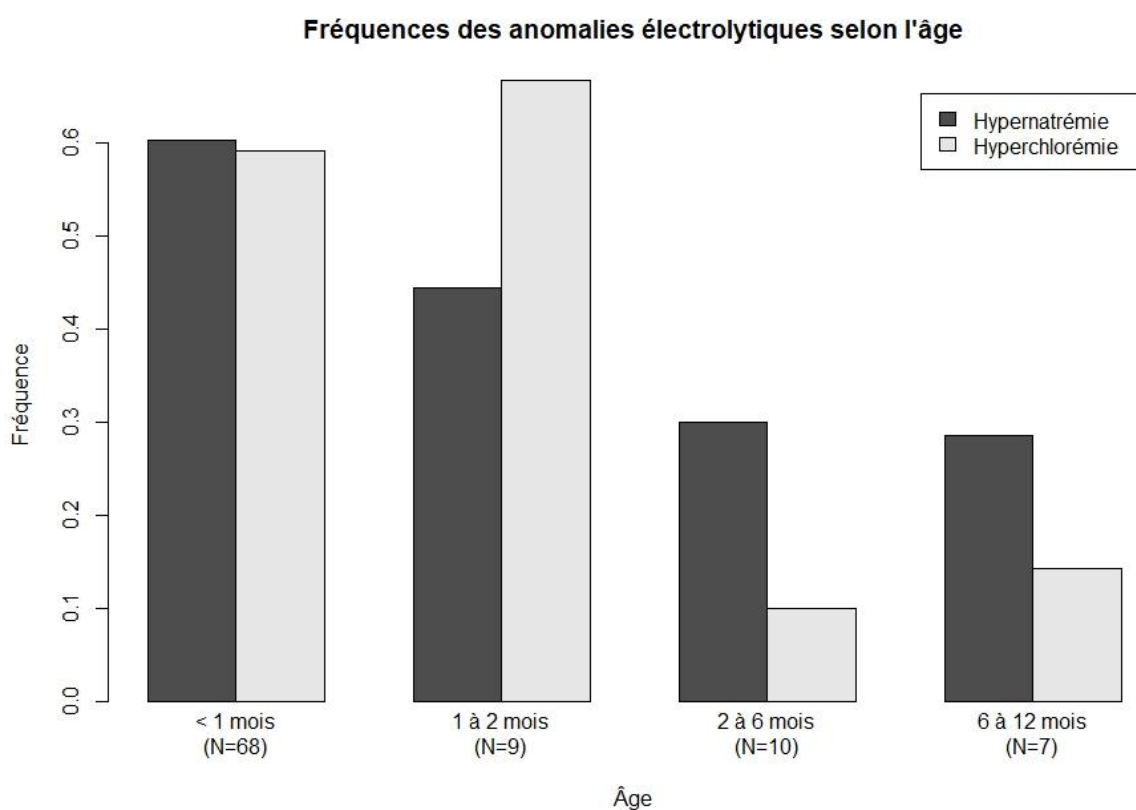


Figure 33 : Fréquence des anomalies électrolytiques selon l'âge

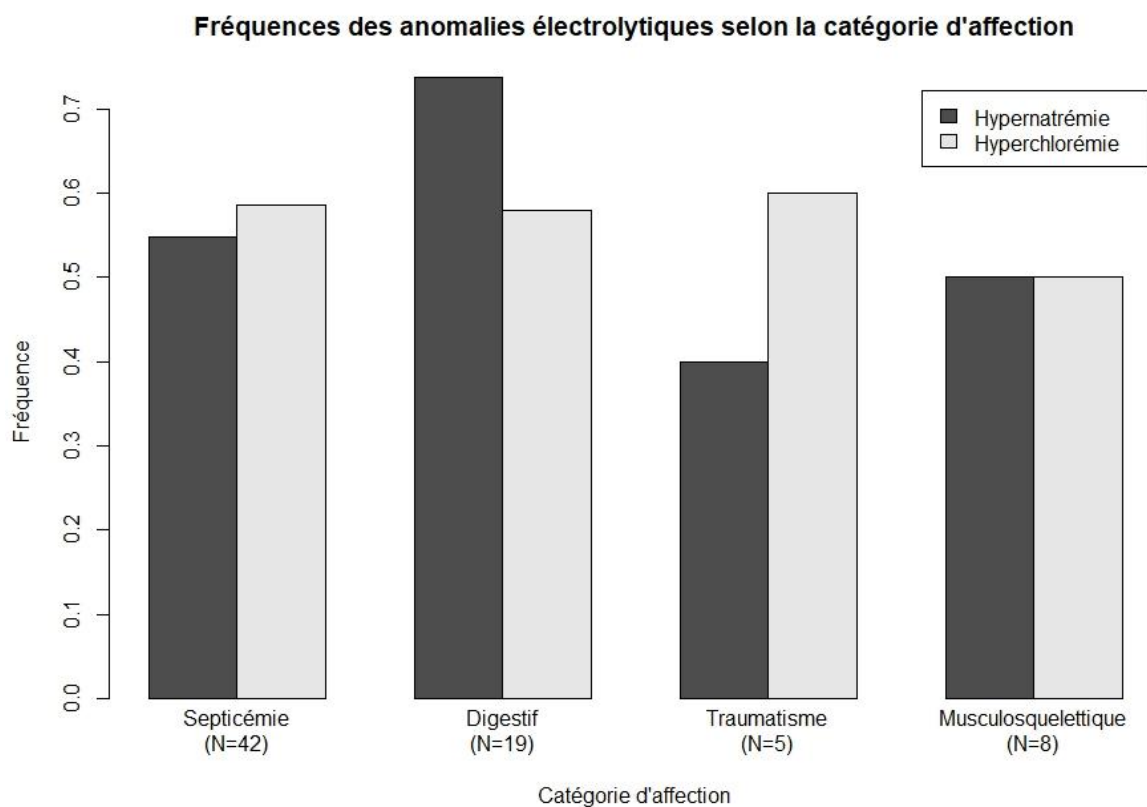


Figure 34 : Fréquence des anomalies électrolytiques selon la catégorie d'affection

Pour l'hypernatrémie, la **régression logistique** a mis en évidence les OR suivants : 0,18 pour les poulains de deux à six mois et 7,10 pour les poulains atteints d'affection digestive. Ainsi, les poulains de deux à six mois ont moins de risque de présenter une hypernatrémie alors que ceux atteints d'une affection digestive sont plus à risque d'en développer.

Pour l'hyperchlorémie, la régression logistique a montré les OR suivants : 0,05 pour les poulains d'un à deux mois et ceux de deux à six mois, et 4,42 pour ceux atteints d'une pathologie digestive. Les poulains de plus de deux mois ont donc moins de risque d'avoir une hyperchlorémie par rapport à ceux de moins d'un mois. Les poulains avec une pathologie digestive ont, quant à eux, plus de risque d'en présenter une.

1. Les opacifications alvéolaire, bronchique et interstitielle en radiographie thoracique

Sur la figure 36, on observe que l'opacification alvéolaire a été principalement vue chez les poulains de moins d'un mois et ceux de deux à six mois, dans respectivement 40 et 37% des radiographies effectuées. Elle était présente sur 29 % des radiographies thoraciques des poulains d'un à deux mois et 14 % de ceux de six à douze mois. On l'a davantage retrouvée chez les poulains septicémiques ou hospitalisés pour un problème digestif (42 et 38 % respectivement). Cette forte prévalence d'opacification alvéolaire chez les poulains atteints d'affection digestive est à mettre en lien avec les pneumonies par fausse déglutition.

L'opacification bronchique, quant à elle, a été très fréquemment rencontrée chez les poulains d'un à deux mois (71 % des radiographies), de deux à six mois (78 % des radiographies) et de six mois à un an (57 %). On l'a retrouvée aussi dans 36% des radiographies

de poulains de moins d'un mois. Elle était plus présente chez les poulains avec une affection digestive (62 %), puis ceux septicémiques (50 %), ceux avec un traumatisme et enfin ceux avec une affection musculosquelettique (33 %).

L'opacification interstitielle était présente sur plus de 50 % des radiographies réalisées chez les poulains d'un à deux mois et de six à douze mois. Elle était aussi sur 45 % des radiographies des poulains de moins d'un mois.

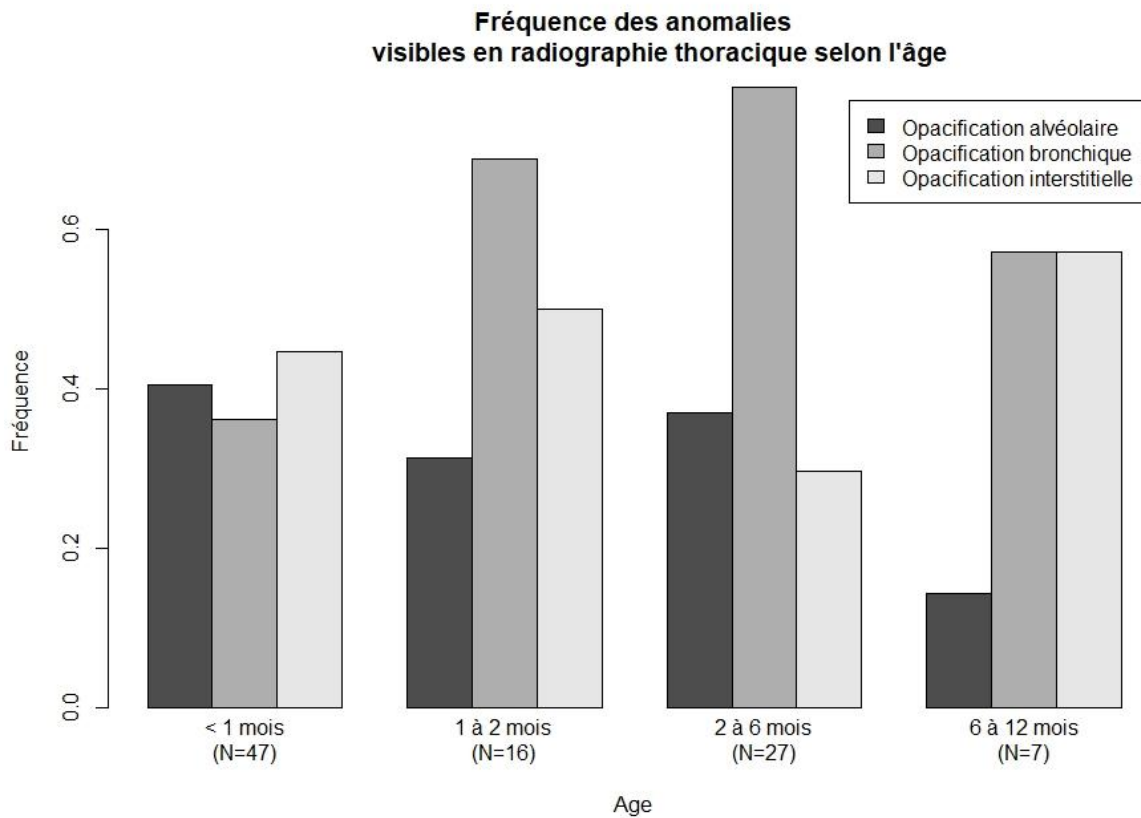


Figure 35 : Fréquence des anomalies visibles en radiographie thoracique selon l'âge

Fréquences des anomalies visibles en radiographie thoracique selon la catégorie d'affection

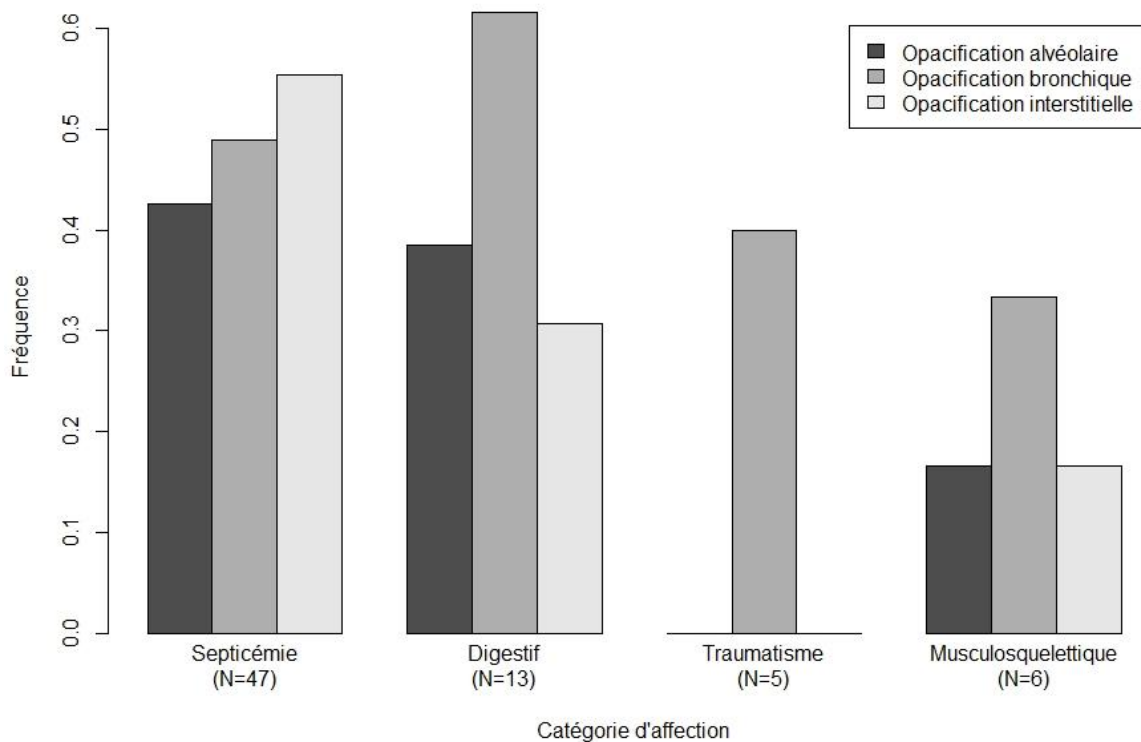


Figure 36 : Fréquence des anomalies visibles en radiographie thoracique selon la catégorie d'affection

La **régression logistique** n'a pas permis de mettre en évidence une influence significative des différents facteurs sur le risque de présenter une opacification alvéolaire, même avec le modèle le plus vraisemblable excluant la catégorie « Traumatisme » à cause du problème de séparation.

Pour l'opacification bronchique, le modèle sélectionné était celui prenant en compte uniquement les classes d'âge (différence d'AIC supérieure à 5 avec les autres modèles). Les OR significatifs étaient ceux des poulains âgés d'un à deux mois (OR = 3,88) et ceux de deux à six mois (OR= 6,18). Ces catégories sont donc plus à risque de présenter de l'opacification bronchique.

Pour l'opacification interstitielle, le modèle sélectionné était celui prenant en compte la septicémie, le digestif et le musculosquelettique. La catégorie traumatisme n'a pas été prise en compte à cause du problème de séparation. Il a montré que les poulains septicémiques étaient plus de risque de présenter le l'opacification interstitielle (OR = 2,61, p-value<0,05).

m. Les fractures et les déviations angulaires en radiographie du squelette appendiculaire

Les déviations angulaires étaient présentes de manière homogène sur les radiographies des poulains jusqu'à six mois d'âge (34 à 39 % des cas) mais un peu moins chez ceux âgés de six à douze mois (24 % des cas). Elles étaient présentes chez 50 % des poulains avec une affection digestive mais cela s'explique par le fait qu'il n'y ait eu que deux radiographies du squelette prises chez les poulains de cette catégorie. Les déviations angulaires étaient ensuite

présentes dans 44 % des cas de poulains avec une affection musculosquelettique. On les a retrouvées dans 26 % des cas de poulains présentant un traumatisme et 21% des poulains septicémiques.

La fréquence des fractures visibles en radiographies semble peu influencée par l'âge : on en a retrouvé dans 24 à 36 % des radiographies réalisées. Du fait de notre tri des poulains en différentes catégories d'affections, les fractures ont été uniquement retrouvées chez les poulains hospitalisés suite à un traumatisme.

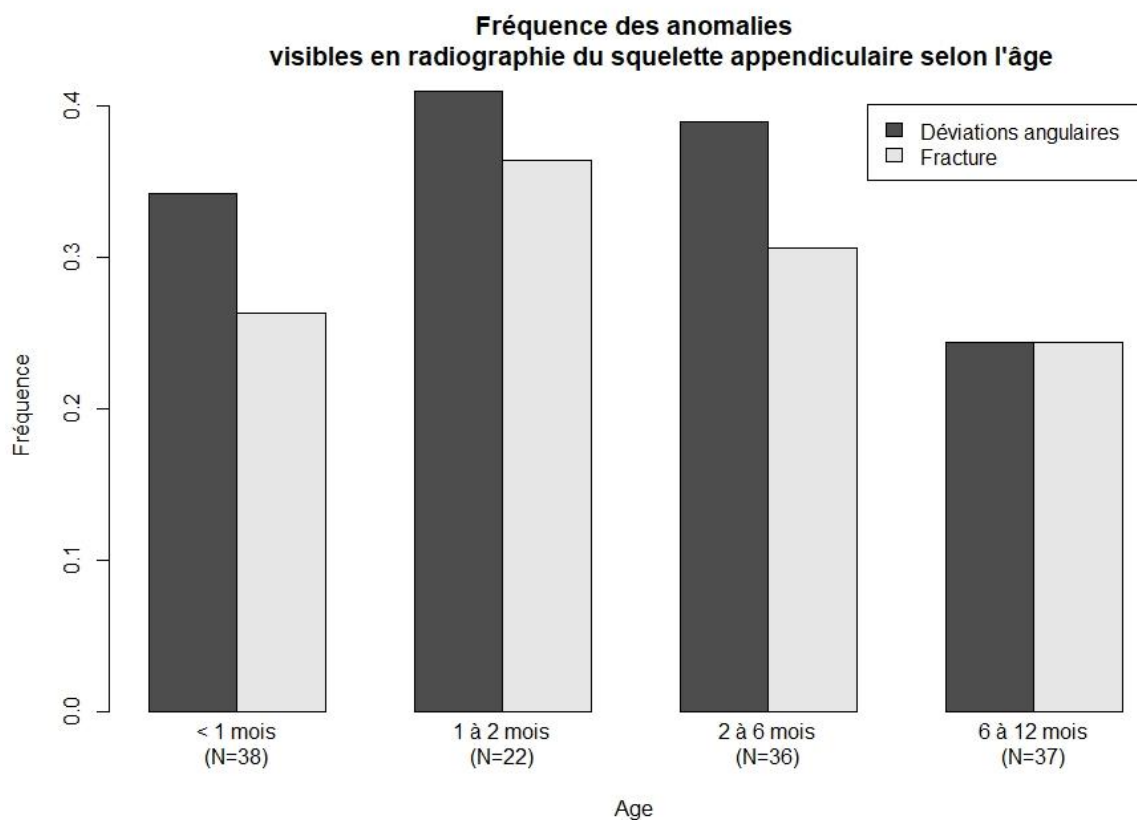


Figure 37 : Fréquence des anomalies visibles en radiographie du squelette appendiculaire selon l'âge

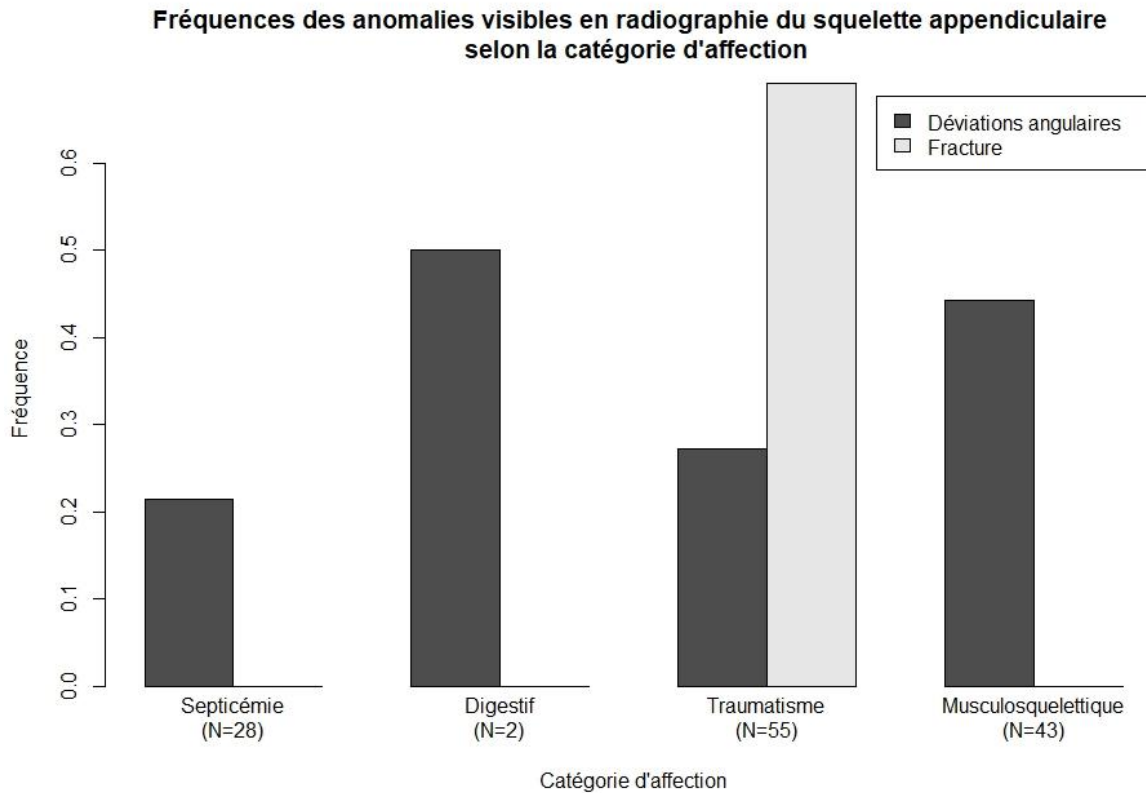


Figure 38 : Fréquence des anomalies visibles en radiographie du squelette appendiculaire selon la catégorie d'affection

Pour les déviations angulaires, la **régression logistique** a mis en évidence que seul l'OR associé à la septicémie, d'une valeur de 0,07, était associé à une p-value significative. Les poulains septicémiques auraient moins de risque d'être atteints de déviations angulaires.

Comme les fractures sont uniquement retrouvées dans la catégorie traumatisme du fait de l'organisation des catégories d'affection, seule l'influence de l'âge sur le risque de présenter une fracture a été étudié dans la **régression logistique**. Aucun OR associé à une p-value significative n'a été trouvé.

n. Les irrégularités pleurales en échographie thoracique

Plus de 50 % des échographies thoraciques réalisées chez les poulains de moins d'un mois et ceux de deux à six mois ont révélé des irrégularités pleurales, contre 36 % chez ceux d'un à deux mois. Aucune des échographies réalisées chez les poulains de six à douze mois n'a montré cette anomalie. Pour les poulains présentant une affection musculosquelettique, moins d'irrégularités pleurales ont été observées, seulement 33 % des cas, par rapport aux autres catégories d'affection, qui sont entre 50 et 67 % des cas.

Fréquence des irrégularités pleurales visibles en échographie thoracique selon l'âge

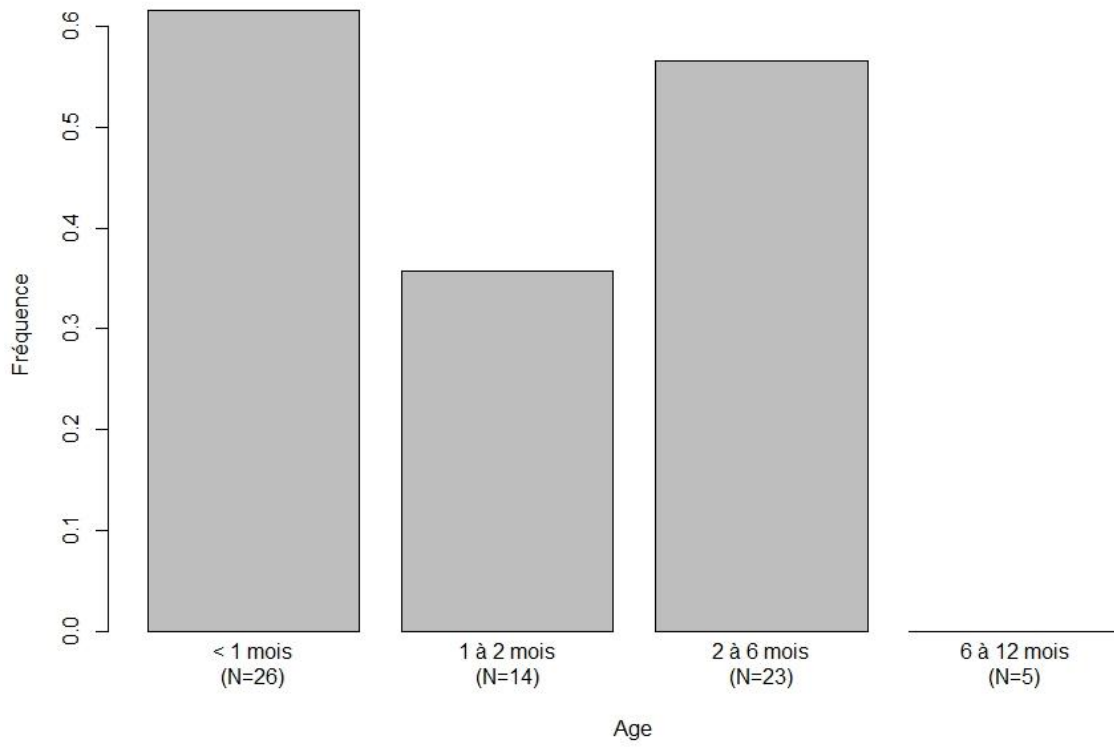


Figure 39 : Fréquence irrégularités pleurales visibles en échographie thoracique selon l'âge

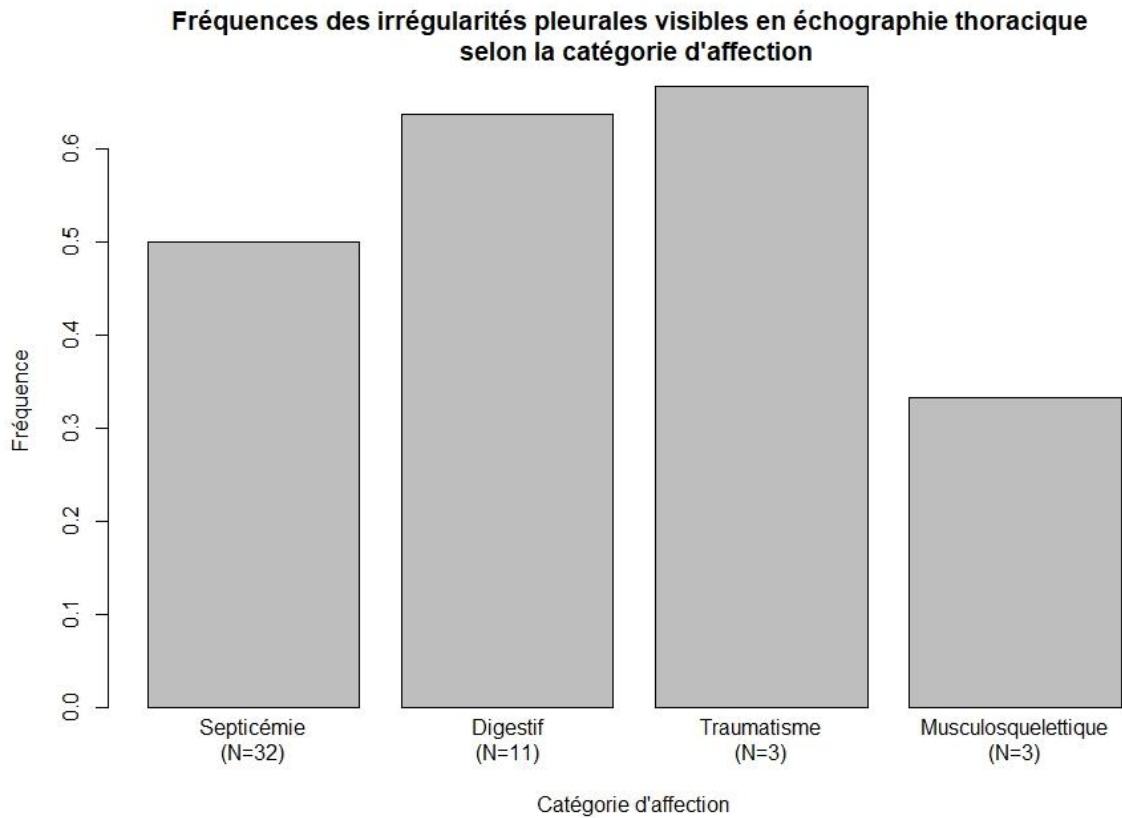


Figure 40 : Fréquence irrégularités pleurales visibles en échographie thoracique selon la catégorie d'affection

Les modèles de **régression logistique** n'ont pas apporté de valeurs d'OR significatives pour les différents facteurs.

o. L'omphaloartérite, l'omphalophlébite et l'ourachite en échographie ombilicale

La présence d'omphaloartérite, d'omphalophlébite ou d'ourachite apparaît fortement liée à l'âge et à la catégorie d'affection. En effet, sur la figure 42, on voit qu'elles ont uniquement été présentées chez les poulains de moins de deux mois, avec une fréquence de 70 % chez les poulains d'un à deux mois et 55 % chez ceux de moins d'un mois. De même, sur la figure 43, on voit qu'elles ont été principalement retrouvées chez les poulains atteints de septicémie, avec une fréquence de 67 % sur les échographies réalisées et chez ceux atteints d'un traumatisme avec une fréquence de 100 % mais avec seulement 3 échographies réalisées ce qui est peu significatif.

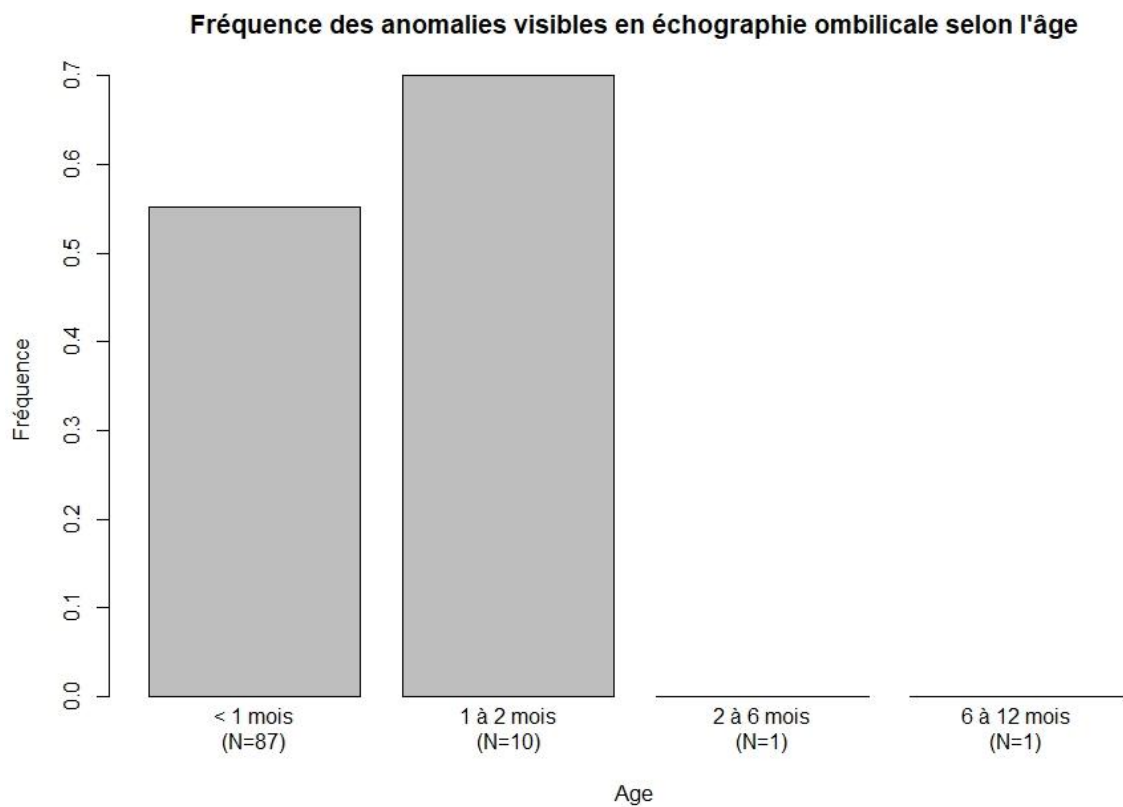


Figure 41 : Fréquence des anomalies visibles en échographie ombilicale visibles selon l'âge

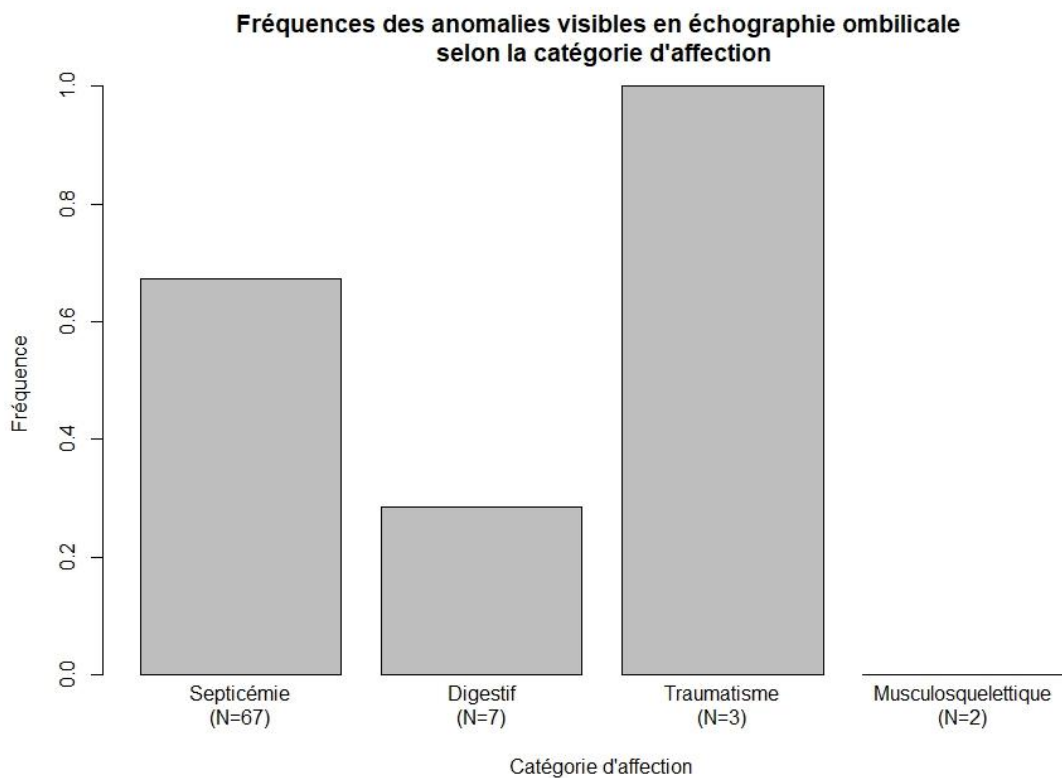


Figure 42 : Fréquence des anomalies visibles en échographie ombilicale visibles selon la catégorie d'affection

La modélisation avec la **régression logistique** a montré que les poulains septicémiques avaient plus de risques de présenter une atteinte ombilicale (omphalophlébite, omphaloartérite ou ourachite) que les autres (OR = 4,35 et p-value<0,01). A cause du problème de séparation, l'âge et les catégories Traumatisme et Musculosquelettique n'ont pas pu être intégrées à la modélisation.

Le tableau suivant résume les modèles de régression logistique avec les facteurs augmentant ou diminuant significativement le risque de présenter les différentes anomalies.

Tableau XXX : Bilan des facteurs de risque pour les différentes anomalies étudiées

Anomalie	Facteur augmentant le risque de présenter l'anomalie	Facteur diminuant le risque de présenter l'anomalie
Anémie (taux d'hémoglobine)	Aucun	Aucun
Leucocytose	Age entre 1 et 6 mois	Aucun
Leucopénie	Aucun	Age supérieur à 1 mois
Neutrophilie	Aucun	Aucun
Neutropénie	Affection digestive	Age entre 2 et 6 mois
Thrombocytose	Age entre 1 et 2 mois	Age entre 6 et 12 mois
Hyperprotéïnémie sans hyperalbuminémie	Age entre 1 et 2 mois Septicémie, affection digestive ou musculosquelettique	Aucun
Hypoalbuminémie	Aucun	Age entre 6 et 12 mois
Hausse de la SAA	Aucun	Aucun
Hyperlactatémie	Aucun	Aucun
Hausse des CK	Affection musculosquelettique	Septicémie, affection traumatique
Hausse des GGT	Aucun	Age entre 1 et 6 mois Affection digestive
Hypernatrémie	Affection digestive	Age entre 2 et 6 mois
Hyperchlorémie	Affection digestive	Age supérieur à 1 mois
Opacification alvéolaire	Aucun	Aucun
Opacification bronchique	Age entre 1 et 6 mois	Aucun
Opacification interstitielle	Septicémie	Aucun
Déviation angulaire	Aucun	Septicémie
Fracture	Aucun	Aucun
Irrégularités pleurales	Aucun	Aucun
Omphaloartérite, omphalophlébite et ourachite	Septicémie	Aucun

D. Elaboration de valeurs de référence

Des valeurs de référence n'ont pas pu être établies au cours de cette étude à cause d'un manque de données. En effet, sur les 55 poulains qui répondaient aux critères pour être inclus dans cette partie de l'étude, peu d'analyses sanguines ont été effectuées. On a dénombré seulement :

- 18 NFS ;
- 2 mesures des lactates ;
- 7 mesures de la SAA ;
- 9 mesures de paramètres biochimiques mais de paramètres différents ;
- 2 ionogrammes.

Au début de notre étude, nous avons choisi d'exclure les poulains ne présentant pas de pathologie (accompagnant leur mère qui était hospitalisée, présents pour la surveillance du poulinage ou hospitalisés pour castration). Très peu d'analyses sanguines ont été effectuées sur ces poulains, donc les inclure dans notre étude n'aurait pas permis d'avoir un effectif suffisant pour établir nos valeurs de référence. Cependant, faire une nouvelle étude en réalisant des bilans sanguins sur ces poulains pourrait être envisager afin de mener à bien ce projet.

III. DISCUSSION

A. Interprétation des résultats

1. Profil de l'échantillon

Notre échantillon est constitué de 267 poulains dont la répartition selon l'année de naissance et le sexe est assez homogène. Une grande partie des poulains sont des nouveau-nés au sens large du terme, avec 45% de poulains de moins d'un mois lors de leur admission. Cette forte proportion de très jeunes poulains peut s'expliquer par le fait que la Clinéquine possède une structure de soins intensifs avec un personnel et des étudiants plus nombreux que dans des structures privées, permettant la prise en charge de ces cas de néonatalogie référés par des vétérinaires sur le terrain.

Les catégories d'affection les plus présentées sont la septicémie (28,3 %), les affections digestives (17,6 %), les traumatismes (14,7 %) et les affections musculosquelettiques non traumatique (14,3 %). Pour rappel, nous avons considéré comme affections traumatiques les fractures, les plaies et les abcès, et comme affections musculosquelettiques les contractures et laxité tendineuses, les déviations angulaires, les OCD, les scolioses et les myopathies. On peut voir que certaines affections pourtant courantes chez les poulains nouveau-nés sont peu représentées dans notre échantillon, comme les impactions par le méconium, les DTIP sans septicémie et l'isoérythrolyse.

Comme la Clinéquine est un centre de référé, cela crée un biais de sélection sur certaines affections moins sévères (impactions de méconium, DTIP, certaines isoérythrolyses, les septicémies les moins graves) qui peuvent être traitées directement sur le terrain. De plus, la Clinéquine n'est pas située dans une région d'élevage intensif donc certaines affections comme la rhodococcose et l'isoérythrolyse néonatale sont sous-estimées.

La Clinéquine étant un centre de référé avec une unité de soins intensifs, de nombreux cas de néonatalogie ou de pathologie nécessitant un spécialiste y sont hospitalisés, ce qui constitue un biais de sélection.

2. Etude de l'utilisation des examens complémentaires

Les analyses sanguines sont les premiers examens complémentaires utilisés chez les poulains de moins d'un an quel que soit la catégorie d'affection ou l'âge. La NFS est le premier de ces examens sanguins en termes d'utilisation. En effet, elle est très couramment utilisée en néonatalogie équine car elle apporte des informations importantes pour le diagnostic et le traitement des poulains (72). De plus, ce sont des examens faciles à réaliser, peu invasifs et peu coûteux qui sont donc intéressants à réaliser en première intention. L'intérêt des analyses sanguines comme la NFS et la biochimie est d'orienter le diagnostic face à des signes peu spécifiques d'un dysfonctionnement organique précis.

En radiographie, les systèmes les plus étudiés sont le squelette appendiculaire puis le thorax. En échographie, ce sont l'abdomen et l'ombilic. L'échographie est un outil particulièrement intéressant chez les nouveau-nés du fait de leur petite taille par rapport aux adultes (73). Comme elle nécessite rarement une sédation, elle n'a pas de contre-indications chez le poulain malade (18,73). Elle est ainsi l'outil principal pour évaluer la cavité abdominale du poulain, même si, en premier lieu, elle était surtout utilisée pour l'évaluation des structures ombilicales (52). Dans notre échantillon, elle est largement plus utilisée que la radiographie abdominale. On remarque qu'il y a plus de radiographies thoraciques réalisées (chez 25 % des poulains hospitalisés) que d'échographies thoraciques (chez 19% des poulains hospitalisés) alors que la radiographie n'est pas l'examen le plus sensible pour l'évaluation du parenchyme pulmonaire(18). Cependant, la limite de l'échographie pour l'évaluation du pulmonaire est la profondeur, d'où l'intérêt de compléter cet examen avec la radiographie (38). De même, la radiographie apparaît comme l'examen de choix pour évaluer le squelette à la Clinéquine alors qu'un certain laps de temps est nécessaire avant que les lésions ne soient visibles, ce qui ne permet pas un diagnostic précoce dans certains cas (notamment l'ostéomyélite). Le scanner, qui est disponible à la Clinéquine, permet de visualiser des lésions de façon plus précoce mais il a pourtant une utilisation très restreinte dans notre effectif (seulement 3 utilisations) (39).

Une thèse sur l'état des lieux des pratiques vétérinaires néonatales en France de 2013 à 2016 par MATTHYS (74) a étudié les examens complémentaires utilisés sur 250 poulains de moins de trois semaines, hospitalisés dans quatre cliniques en Normandie. Dans cette étude, les analyses sanguines les plus réalisées sont dans l'ordre :

- La NFS dans 87,6 % des cas ;
- Au moins un paramètre biochimique dans 66 % des cas ;
- La créatinine dans 74,6 % des cas ;
- Les lactates dans 66,5 % des cas ;
- La glycémie dans 65,9 % des cas ;
- Les électrolytes dans 52,4 % des cas ;
- Le fibrinogène dans 49,2 % des cas.

Dans nos deux études, la NFS est l'examen sanguin le plus réalisé devant les paramètres biochimiques. Une différence notable entre nos deux études est la fréquence d'utilisation des lactates qui n'est que de 34% dans la nôtre, contre 66,5 % dans celle d'Hélène MATTHYS. Les électrolytes sont aussi moins utilisés dans notre étude (31 % contre 52,4 %). Ces différences peuvent s'expliquer par la différence d'âge des poulains de nos deux études. Dans l'étude d'Hélène MATTHYS tous les poulains ont moins de trois semaines. Dans cette catégorie d'âge qui correspond à la néonatalogie, l'utilisation des lactates est particulièrement indiquée notamment pour sa valeur pronostic.

Pour les examens d'imagerie, ce sont l'échographie abdominale, puis la radiographie des articulations et l'échographie ombilicale qui sont les plus utilisées. Pour l'évaluation du thorax, contrairement à notre étude, l'échographie est plus utilisée que la radiographie.

a. Influence de l'âge

Les poulains de moins d'un mois sont ceux qui reçoivent le plus d'analyses sanguines (quel que soit le type d'analyse : NFS, biochimie, SAA, lactates, ionogramme), de radiographies thoraciques, d'échographies thoraciques et d'échographies ombilicales. Ceci s'explique par le fait que les poulains nouveau-nés présentent de nombreuses affections pulmonaires comme l'immaturité pulmonaire chez les poulains prématurés, les pneumonies bactériennes ou virales, les pneumonies par aspiration (méconium) ou par fausse déglutition (lait) (39). Et les affections de l'ombilic concernent en grande majorité les jeunes poulains d'où une utilisation accrue de l'échographie ombilicale chez les poulains de moins d'un mois.

L'utilisation de la radiographie du squelette appendiculaire et l'échographie abdominale ne semble pas influencée par l'âge du poulain. Comme les affections digestives telles que les coliques peuvent se développer à tout âge, il est donc normal que l'utilisation de l'échographie abdominale ne soit pas plus marquée dans une catégorie d'âge. Même si certaines affections musculosquelettiques sont associées à certaines classes d'âge (par exemple les déviations angulaires ou les retards d'ossifications), il y en a d'autres qui peuvent concerner le poulain quel que soit son âge (par exemple les fractures). Ainsi la radiographie du squelette appendiculaire a un intérêt tout au long de la première année de vie du poulain.

b. Influence de la catégorie d'affection

La catégorie d'affection influence elle aussi sur l'utilisation des différents types d'examens. Les analyses sanguines, la radiographie thoracique, l'échographie thoracique, l'échographie ombilicale et l'échographie articulaire sont majoritairement utilisées chez les poulains septicémiques. Ceci semble cohérent dans la mesure où les principaux foyers de septicémie chez les poulains sont les infections pulmonaires, les infections ombilicales et les arthrites septiques. Ces examens d'imagerie permettent donc de chercher l'origine de la septicémie chez le poulain. De même, les différentes analyses sanguines ont un fort intérêt car elles apportent des informations sur le statut inflammatoire du poulain (SAA, leucocytes, PNN, protéines totales, fibrinogène), son état d'hydratation, (protéines totales, albumines, hémocrite), les désordres électrolytiques et le pronostic (lactates). La septicémie étant une affection des poulains nouveau-nés, cela concorde avec le fait que nous ayons trouvé que la majorité des analyses sanguines soient réalisées chez les poulains de moins d'un mois.

Les radiographies du squelette appendiculaire sont principalement utilisées chez les poulains atteints de traumatisme et d'affections musculosquelettiques, ce qui était attendu car il s'agit de l'examen de choix pour l'évaluation du squelette lors de fractures (catégorie traumatisme), des déviations angulaires et d'OCD (catégorie musculosquelettique). La radiographie du squelette est aussi autant utilisée chez les poulains septicémiques que dans les deux autres catégories. En effet, l'arthrite septique et l'ostéomyélite sont des manifestations d'une bactériémie chez le poulain et une étude a montré qu'environ un quart des poulains référés avec un score septique supérieur à 11 vont présenter des signes d'arthrite septique (39).

L'échographie abdominale, quant à elle, est plus utilisée chez les poulains atteints d'affections digestives, ce qui est cohérent car il s'agit de l'outil le plus adapté pour l'évaluation de la cavité abdominale du poulain.

3. Etude des anomalies observées lors des examens complémentaires

a. Hématologie

En hématologie, les principales anomalies obtenues dans notre échantillon sont l'anémie, la neutrophilie, la neutropénie, la leucocytose, la leucopénie et la thrombocytose. Pour l'anémie et la neutrophilie, nous n'avons pas pu mettre en évidence de facteurs de risque contrairement aux autres paramètres. Ainsi, les poulains âgés d'un à six mois semblent plus à risque de développer une leucocytose et ceux ayant plus d'un mois semblent avoir moins de risque de développer une leucopénie. Les poulains sujets à une affection digestive auraient plus de risque de développer une neutropénie et à l'inverse de ceux âgés de deux à six mois.

La première cause d'anémie chez le poulain étant l'anémie de foyer inflammatoire chronique, qui n'est pas associée à une catégorie d'affection ou une classe d'âge particulière, il est cohérent que ces facteurs n'influencent pas le risque de présenter une anémie dans notre étude. Cependant, si l'anémie physiologique du poulain nouveau-né pourrait induire un risque plus important de présenter une anémie chez le poulain de moins d'un mois, cela n'a pas été retrouvé lors de notre régression logistique.

On remarque que la septicémie n'est pas un facteur de risque ni pour la leucopénie, ni pour la leucocytose, comme on le retrouve dans la littérature (75). Ainsi, au début de l'évolution de la maladie, 40% des poulains ont un taux de leucocytes dans les valeurs de référence, mais une leucopénie persistante constitue un indicateur pronostic défavorable (76).

On note que la neutropénie est souvent retrouvée chez les poulains nouveau-nés atteints de SIRS ou étant prématurés, ce qui peut expliquer que le risque est moins important de la trouver chez des poulains plus âgés (75). La neutropénie pouvant être associée à une cause inflammatoire ou infectieuse, elle peut donc apparaître en cas d'affection digestive comme les coliques, mais la neutrophilie est elle aussi documentée comme une anomalie possible (44). Comme pour la leucopénie ou la leucocytose, on aurait pu s'attendre à ce que la septicémie augmente le risque de présenter une de ces deux anomalies. Cependant, là aussi les études montrent que 40% des poulains septicémiques présentent une neutropénie et 35 % une neutrophilie, ce qui laisse 25% des poulains avec un taux de neutrophiles normal (74).

Le risque de présenter une thrombocytose semble augmenté entre un et deux mois mais diminué entre six et douze mois, sans que l'on ne sache l'expliquer. Les principales causes de thrombocytose sont les hémorragies importantes, les foyers inflammatoires chroniques et la contraction splénique suite à un stress ou un exercice (1). Comme il ne semble pas que la

catégorie « Traumatisme » soit un facteur de risque de thrombocytose dans notre échantillon, et que nos prises de sang ont été réalisées dans les meilleures conditions possibles (du moins pas après un exercice physique, le stress étant un paramètre plus difficile à contrôler), on peut supposer que la majorité de nos thrombocytoses sont dues à des foyers inflammatoires chroniques et une partie est sûrement liée au stress.

Au vu de la forte prévalence d'anémies, de neutropénies et de thrombocytoses observée chez les poulains de notre étude, il apparaît que ces anomalies ont un intérêt clinique important et qu'elles doivent être recherchées par le clinicien lors de la réalisation de NFS.

b. Biochimie

En ce qui concerne la biochimie sanguine, le risque de présenter une hausse de la SAA n'apparaît pas influencé par l'âge ou par la catégorie d'affection, alors que l'hyperprotéïnémie d'origine inflammatoire semble influencée par l'âge (risque augmenté chez les poulains d'un à deux mois) et la catégorie d'affection (risque augmenté pour les septicémies, les affections digestives et les affections musculosquelettiques). Ces deux anomalies étant liées à un statut inflammatoire, il est étonnant de ne pas les retrouver dans les mêmes groupes. Il faut noter que la SAA est un paramètre de l'inflammation beaucoup plus précoce que les globulines, ce qui pourrait expliquer les différences observées.

Dans notre étude, les poulains de six à douze mois présentent moins de risque de présenter une hypoalbuminémie, sans que l'on ne sache l'expliquer. La catégorie d'affection ne semble pas avoir une influence significative alors qu'on se serait attendu à ce que les poulains présentant de la diarrhée (donc dans les catégories Digestif ou Septicémie) soient plus à risque (77,78).

Comme pour la SAA, l'hyperlactatémie n'est pas associée à des facteurs de risque dans notre échantillon. Ceci s'explique sans doute par la diversité des pathologies pouvant causer de l'hyperlactatémie : SIRS, septicémie, coliques, entérite, prématurité et dysmaturité, malajustement néonatal ainsi que toutes les affections à l'origine d'hypovolémie engendrant une hypoperfusion.

Sans surprise, les affections musculosquelettiques (les contractures et laxités tendineuses, les déviations angulaires, les OCD, les scoliozes et les myopathies) augmentent le risque de présenter une hausse des CK alors que la septicémie et les affections traumatiques (les fractures, les plaies et les abcès) semblent diminuer ce risque. On aurait pu s'attendre à ce que les traumatismes favorisent aussi la hausse des CK. On note que seulement 7 poulains de la catégorie Traumatisme ont eu une analyse des CK, ce qui rend les résultats difficiles à interpréter. De plus, ces poulains présentaient des traumatismes affectant peu les masses musculaires.

Dans notre étude, les poulains d'un à six mois et ceux atteints d'affections digestives semblent avoir moins de risque de présenter une augmentation des GGT. Comme expliqué dans la première partie, les GGT augmentent chez le poulain nouveau-né, du fait de l'ingestion des GGT maternelles présentes dans le colostrum (10). Elles sont également augmentées chez les poulains prématurés (8). Ceci semble donc cohérent avec le fait que nous ayons trouvé que les poulains d'un à six mois aient moins de risque de présenter une hausse des GGT par rapport à

ceux de moins d'un mois. Concernant les poulains de plus de six mois, la littérature n'a pas permis de mettre évidence des causes expliquant que ces derniers ne soient pas aussi moins à risque de présenter une hausse des GGT. Il semble peu cohérent que les poulains atteints d'une affection digestive soient moins à risque de présenter une hausse des GGT, étant donné qu'il s'agit d'une enzyme hépatique marqueur de cholestase. Les GGT augmentent notamment en cas d'ulcères gastro-duodénaux, de septicémie et de SIRS (13). En étudiant plus précisément le diagnostic posé sur les poulains de la catégorie Digestif et ayant eu une mesure des GGT, on voit qu'un seul poulain présentait des ulcères gastro-duodénaux et un seul présentait une hépatite. Les autres présentaient principalement des coliques, du parasitisme intestinal ou des hernies. Les affections observées dans notre échantillon ne sont donc pas propices à une augmentation des GGT.

Quant aux désordres électrolytiques, les poulains atteints d'affections digestives ont plus de risque de présenter une hypernatrémie ou une hyperchlorémie. L'hypernatrémie et l'hyperchlorémie sont principalement causées par la déshydratation (3), qui est fréquente en cas d'affections digestives (coliques, diarrhées parasitaires). On observe que les poulains de deux à six mois ont moins de risque de présenter une hypernatrémie que le reste de la population et ceux de plus d'un mois ont moins de risque de présenter une hyperchlorémie que le reste de la population, ce qui est difficile à expliquer.

La précocité de la SAA en fait un paramètre incontournable pour évaluer une inflammation chez le poulain à tout âge et pour différents types d'affections. De même, la lactatémie est un paramètre très intéressant pour de nombreuses affections et dont la valeur pronostique est indispensable dans la gestion des cas de néonatalogie.

c. Radiographie

En radiographie thoracique, notre échantillon a principalement présenté de l'opacification alvéolaire, bronchique ou interstitielle. Pour l'opacification alvéolaire, l'âge ou la catégorie d'affection n'augmentent pas ou ne diminuent pas le risque de présenter cette anomalie. Le risque de présenter une opacification bronchique est augmenté chez les poulains entre un et six mois et celui de présenter une opacification interstitielle est augmenté chez les poulains septicémiques. On note que l'une des origines possibles de la septicémie étant la pneumonie, il est normal de trouver des anomalies en radiographie thoracique chez ces poulains. On peut noter que l'opacification interstitielle est l'opacification la plus commune chez les poulains présentant une affection pulmonaire (38). Les poulains de moins d'un mois présentant souvent des fausses déglutitions, on aurait pu s'attendre à ce que l'appartenance à cette classe d'âge augmente le risque de présenter une opacification alvéolaire. **Il est donc indispensable de faire une étude minutieuse du parenchyme pulmonaire lors de radiographies thoraciques.**

En radiographie du squelette appendiculaire, les trois premières anomalies rencontrées sont la tuméfaction des tissus mous, les déviations angulaires et les fractures.

Nous n'avons pas étudié les facteurs influençant la tuméfaction des tissus mous car elle ne présente pas un grand intérêt d'un point de vue clinique.

Nous avons mis en évidence que, dans notre effectif, les poulains septicémiques ont moins de risque de présenter des déviations angulaires. Les déviations angulaires sont des affections associées à une croissance rapide et la septicémie, qui affecte les poulains de moins d'un mois et provoque des retards de croissance, pourrait donc diminuer le risque de présenter des déviations angulaires.

Pour les fractures, l'âge n'augmente pas, ni ne diminue pas le risque.

L'ostéomyélite a pu être identifiée que sur les clichés radiographiques. La radiographie n'est pas un examen très sensible pour la détection d'ostéomyélite et, dans ce cas de suspicion et d'absence de signes radiographique, un scanner ou une IRM sont les examens de choix pour la mettre en évidence (36).

Etant donné le peu de radiographies abdominales et de radiographies de tête effectuées, il n'est pas possible d'interpréter les anomalies observées.

d. Echographie

Pour le thorax, les anomalies les plus retrouvées sont les irrégularités pleurales en premier lieu, puis les consolidations pulmonaires et les abcès pulmonaires bien que moins fréquemment.

La pathologie ou l'âge du poulain n'augmentent ou ne diminuent pas le risque de présenter des irrégularités pleurales. **Cette anomalie étant fréquemment retrouvée dans notre effectif et ce, quelle que soit la catégorie d'affection ou la classe d'âge, elle est donc à rechercher minutieusement lors de toute échographie thoracique.**

L'échantillon comportant peu de poulains atteints de pneumonie à *Rhodococcus equi*, cela pourrait expliquer la faible fréquence des consolidations pulmonaires et des abcès pulmonaires observés. On peut noter que les abcès pulmonaires ne sont pas systématiquement observés à l'échographie dans les cas de rhodococcose (54), en particulier si l'examen a lieu en phase précoce de la maladie ou si les abcès sont situés en profondeur. Il peut donc être intéressant de répéter l'examen et de le coupler à la radiographie thoracique.

Pour l'abdomen, même si de nombreux examens ont été réalisés, il n'y a pas d'anomalie majoritaire qui se distingue des autres. En effet, il existe un grand nombre d'anomalies visibles à l'échographie abdominale et les indications d'utilisation de cet examen sont très variées par rapport à d'autres examens d'imagerie. Il est étonnant que sur les 93 examens réalisés, 17 n'ont pas révélé d'anomalie. En étudiant les motifs de réalisation de ces échographies, on a pu voir que plusieurs étaient des échographies de contrôle dans le cadre de suivi d'une affection. **L'échographie abdominale reste un examen intéressant et sensible qu'il ne faut pas hésiter à réaliser pour l'évaluation de l'abdomen.**

Pour l'échographie ombilicale, l'omphaloartérite, l'omphalophlébite et l'ourachite signant toutes les trois une infection de l'ombilic, elles ont donc été regroupées pour la modélisation logistique. Les poulains septicémiques ont plus de risque de présenter une infection ombilicale, ce qui est cohérent car c'est une des principales causes et voie d'entrée de septicémie. Les affections ombilicales se retrouvent uniquement chez les poulains de moins de deux mois dans notre échantillon, ce qui est normal car, après la naissance, les structures

ombilicales régressent dans les deux semaines et ne peuvent donc plus s'infecter. **On s'attendrait à ce que les anomalies visibles en échographie ombilicale concernent uniquement les poulains de moins d'un mois, mais il apparaît que l'on ne peut pas négliger l'utilisation de cet examen jusqu'à deux mois d'âge.** Il est probable que, dans certains cas, l'infection se soit développée dans les deux premières semaines de vie mais qu'elle n'ait pas été jugulée et qu'elle ait persisté jusqu'à deux mois.

Pour les autres organes évalués en échographie, les effectifs étaient trop faibles pour faire des modèles de régression logistique. Mais nous avons pu faire quelques observations sur le plan descriptif.

En échographie articulaire, ce sont principalement des synovites (n=24) qui ont été trouvées, devant les arthrites (n=9), les tendinites (n=9) et les abcès (n=8). Pour rappel, pour poser un diagnostic d'arthrite septique, l'imagerie ne suffit pas et, comme pour l'adulte, une analyse du liquide synovial est nécessaire (36).

En échocardiographie, la première anomalie rencontrée est la régurgitation valvulaire (n=6), devant les anomalies congénitales (communications interventriculaires, n=5, et interatriales, n=4, persistance du canal artériel, n=2). En cas de suspicion d'anomalie congénitale cardiaque chez un poulain présentant un souffle cardiaque, des muqueuses cyanosées, des arythmies ou des signes d'insuffisance cardiaque, une échocardiographie est fortement indiquée (59). **Lors de cet examen, il faut donc rechercher en priorité, en plus des anomalies congénitales, des régurgitations valvulaires et faire des contrôles réguliers des anomalies observées.**

Pour l'échographie oculaire, notre échantillon a principalement présenté des uvéites (n=9), soit post-traumatiques ou post-septicémies, des abcès du stroma (n=8) et des kératites (n=8). Elles constituent donc les anomalies principales à rechercher.

Même si très peu d'échographies jugulaires ont été effectuées, on note que dans trois quarts des cas, une anomalie est observée. Cela semble donc un examen assez sensible en milieu hospitalier où la majorité des poulains possèdent un cathéter, dans le cadre de leur prise en charge. **Il est donc très pertinent d'effectuer une échographie jugulaire dès qu'un poulain commence à présenter des signes de phlébite.**

B. Limites

1. Conception de l'étude

Notre étude est une étude rétrospective ce qui implique plusieurs inconvénients. Nous avons un biais de sélection lié au fait que la Clinéquine est un centre de référentiel. Notre échantillon n'est donc pas le plus représentatif de la population des poulains pris en charge dans l'ensemble de la France. De plus, la Clinéquine n'est pas située dans une région d'élevage. Certaines affections sont donc moins représentées comme les impactions par le méconium, les DTIP sans septicémie, la rhodococcose et l'isoérythrolyse néonatale. Notre population est donc peu représentative d'une population de poulains vus en première intention. Cependant, l'intérêt de notre étude est d'orienter le vétérinaire de terrain, dans le choix des examens complémentaires à réaliser face à certaines situations cliniques et quelles anomalies pertinentes rechercher au cours de ces examens, même s'il rencontre des affections moins sévères. Nous avons aussi un biais d'information lié au caractère rétrospectif de l'étude. En effet, même si les cas ont été

consignés dans des dossiers, certaines informations étaient parfois manquantes (valeurs manquantes, fautes de frappe). Ce type d'étude est également soumis à la subjectivité de l'enquêteur.

Pour les classes d'âge, nous avons choisi de faire une première catégorie proche de la catégorie néonatalogie classique avec les poulains de moins d'un mois car il s'agit d'une classe d'âge nécessitant une attention particulière, du fait de sa fragilité. Nous avons choisi de faire une deuxième catégorie d'un à deux mois d'âge pour étudier les poulains assez jeunes mais ne rentrant plus dans la catégorie de la néonatalogie et ainsi avoir deux classes d'âge autour du moment critique du sevrage. Cela a permis de mettre en évidence que les poulains d'un à deux mois d'âge restent eux-aussi fragiles et nécessitent beaucoup d'attention. Enfin, pour les deux dernières catégories, nous avons pris des intervalles d'âge plus grands du fait d'un plus faible effectif afin de pouvoir faire nos analyses statistiques sur des effectifs suffisants.

Pour l'utilisation des paramètres de biochimie sanguine, nous avons décidé d'étudier séparément la SAA et les lactates. En effet, ce sont des paramètres couramment utilisés, surtout en néonatalogie, et dont la cinétique est suivie au cours de l'hospitalisation. Leur utilisation est donc individualisée par rapport aux autres paramètres biochimiques c'est pourquoi nous les avons analysés séparément.

Nous n'avons pas pu étudier les analyses des liquides d'épanchement, les analyses d'urine, les analyses du liquide synovial et les coproscopies car nous n'avions pas assez de données. Il serait intéressant de réaliser une autre étude se concentrant davantage sur ces examens complémentaires et analyser le lien entre ces examens et les résultats d'analyses sanguines. **Nous nous sommes donc concentrés sur l'étude des analyses sanguines et des examens d'imagerie médicale.**

2. Analyses sanguines

Pour la NFS, on remarque qu'une anomalie est fréquemment présentée sans que l'on s'y soit attendu. En effet, dans notre effectif nous avons obtenu de nombreuses thrombocytoses. Il est possible que la thrombocytose soit artéfactuelle car il arrive que l'automate confonde les petites hématies avec des thrombocytes. Cependant, à la Clinéquine, les NFS sont dans plus de 90% des cas associées à une lecture de frottis qui ont confirmé les anomalies relevées par l'automate. Nous avons donc bien eu de vraies thrombocytoses.

Lors de l'étude des anomalies du leucogramme, les valeurs utilisées sont les valeurs absolues et non les proportions relatives des différentes sous-populations. Il n'y a donc pas d'artéfact lié par exemple à une éventuelle neutropénie qui augmenterait la proportion relative de lymphocytes et pourrait être comptée comme une lymphocytose.

Lors de l'étude des différentes anomalies, on a pu voir que l'hématocrite était plus fréquemment diminué que le taux d'hémoglobine. Ceci s'explique par le fait que l'hématocrite est donné par l'automate avec une lecture indirecte ce qui sous-estime la valeur par rapport à une lecture directe de micro-hématocrite. En effet, avec l'automate, l'hématocrite est calculé à

partir du nombre de GR et du VGM. En cas d'agglutination des GR (phénomène courant chez le cheval), plusieurs GR sont comptés comme un seul, sous-estimant leur nombre, ce qui diminue donc la valeur calculée de l'hématocrite (79). C'est pourquoi nous avons choisi d'étudier les facteurs influençant l'anémie seulement sur le taux d'hémoglobine et non l'hématocrite.

3. Régression logistique

Plusieurs fois au cours de l'utilisation des modèles de régression logistique, nous avons fait face au problème de séparation. En effet pour certaines variables, la fréquence de l'anomalie était de 0 ou 1. Ceci donne des OR très élevés ou très faibles avec une incertitude très grande. Pour s'affranchir de ce problème, les variables dont la fréquence d'anomalie était 0 ou 1 ont été retirées de la modélisation.(80)

C. Pour aller plus loin

Pour les quatre catégories d'affection étudiées en détail dans cette thèse, un tableau récapitulatif des examens complémentaires intéressants à effectuer a été réalisé.

Tableau XXXI : Examens complémentaires intéressants à réaliser selon la suspicion diagnostique du poulain

Suspicion clinique	Analyses sanguines	Imagerie médicale
Septicémie	Evaluer l'inflammation : NFS, SAA, fibrinogène Evaluer l'état d'hydratation : PT, albumines Evaluer un possible DTIP : Snap foal IgG Estimer le pronostic : lactates , suivi d'une éventuelle neutropénie Suivi de la glycémie	Rechercher le foyer de la septicémie : échographie de l'ombilic, évaluation du thorax (radiographie et/ou échographie), évaluation des articulations (radiographie et/ou échographie) Si suspicion d'arthrite septique et absence de signes radiographiques : scanner
Affection digestive	Evaluer l'état d'hydratation : PT, Albumines Evaluer l'inflammation : NFS, SAA, fibrinogène Evaluer l'hypoperfusion tissulaire : lactates Evaluer les désordres électrolytiques : ionogramme Selon les signes cliniques, évaluation des organes potentiellement impliqués : PAL, ALAT, GGT	Recherche de la cause : échographie abdominale
Affection musculosquelettique	Evaluer l'atteinte musculaire : CK Evaluer l'inflammation : SAA	Recherche de lésions osseuses ou articulaires : radiographie du squelette appendiculaire et/ou échographie articulaire
Traumatisme	Evaluer l'atteinte musculaire : CK Evaluer l'inflammation : NFS, SAA, fibrinogène Evaluer l'état d'hydratation : PT, albumines	Recherche de fractures, de signes d'atteinte articulaire : radiographie du squelette appendiculaire et/ou échographie articulaire Si suspicion d'arthrite septique et absence de signes radiographiques : scanner

CONCLUSION

Aujourd'hui une multitude d'examens complémentaires sont à la disposition du vétérinaire clinicien pour l'aider dans la démarche diagnostique et dans la prise en charge clinique des poulains jusqu'à 1 an. Ceci se vérifie particulièrement à la Clinéquine qui est un centre de référent ayant donc une forte utilisation des paramètres sanguins et des différents examens d'imagerie médicale disponibles.

L'étude rétrospective que nous avons conduite montre que les analyses sanguines sont les examens complémentaires les plus utilisés avec en premier lieu la NFS suivie par les paramètres de biochimie sanguine, et surtout : la SAA, les lactates et les électrolytes. Les analyses sont majoritairement demandées chez les poulains de moins d'un mois et ceux atteints de septicémie. Les examens d'imagerie les plus utilisés dans notre étude sont la radiographie du squelette appendiculaire, la radiographie thoracique, l'échographie abdominale et l'échographie de l'ombilic. La radiographie thoracique et l'échographie ombilicale sont plus particulièrement utilisées chez les poulains âgés de moins d'un mois et les poulains atteints de septicémie. L'utilisation de la radiographie du squelette appendiculaire n'est pas influencée par l'âge du poulain mais par la catégorie d'affection et les poulains atteints de traumatisme et d'affections musculosquelettiques sont les plus concernés. L'utilisation de l'échographie abdominale n'est pas influencée par le critère âge mais par la catégorie d'affection : logiquement, ce sont les poulains atteints d'affection digestive qui sont les plus concernés.

Grâce à ces différents examens complémentaires, de nombreuses anomalies sont détectées, que nous avons détaillées dans notre étude, en insistant sur les facteurs de risque potentiels tels que l'âge et la catégorie d'affection.

Notre étude fournit un panorama des relations entre examens complémentaires et affections dans notre population mais ne permet pas d'établir des valeurs de référence. Selon les recommandations internationales, il est important d'établir des valeurs de référence sur notre population de poulains, et compte tenu des importantes variations sanguines liées à l'âge durant la première année de vie, une étude prospective ciblée sur cet objectif est souhaitable pour faciliter l'interprétation des données obtenues chez les poulains malades admis à la Clinéquine.

BIBLIOGRAPHIE

1. DESJARDINS I, DESNOYERS M, CADORE JL. Analyses sanguines équines. I. Hématologie : approche clinique. *Prat Vét Equine. Prat. vét. équine*; 2006;38(151):9-22.
2. VANDERSTOCK J, PICANDET V. Néonatalogie - Comment réaliser et interpréter une prise de sang chez un poulain nouveau-né? *Prat VETERINAIRE EQUINE*. 1 juin 2015;47(186):p58-61.
3. TAYLOR FGR, BRAZIL TJ, HILLYER MH. Submission of laboratory samples and interpretation of results. Dans: *Diagnostic techniques in equine medicine: a textbook for students and practitioners describing diagnostic techniques applicable to the adult horse*. 2nd ed. Edinburgh : Saunders Elsevier; 2010.
4. NEWMAN A. Practical Tips on Sample Handling for Hematology, Chemistry, and Cytology Testing for Equine Patients:: Getting More Bang for your Buck. *Vet Clin North Am Equine Pract.* avr 2020;36(1):1-14.
5. Normal hematologic values. Dans: KOTERBA A, DRUMMOND W, KOSCH P, rédacteurs. *Equine clinical neonatology*. Philadelphia : Lea & Febiger; 1990.
6. DESJARDINS I. L'hématologie et la biochimie chez le poulain. *Prat Vét Equine. Prat. vét. équine*; 2006;38(152):43-9.
7. DESJARDINS I, CADORE JL. Le suivi des paramètres érythrocytaires chez le poulain de la naissance à la mise à l'entraînement. *Prat Vét Equine*. 1 janv 2007;39(Numéro spécial):83-6.
8. BARTON MH, HART K. Clinical Pathology in the Foal. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 1 avr 2020;36(1):73-85.
9. Neonatal anemia. Dans: KOTERBA A, DRUMMOND W, KOSCH P, rédacteurs. *Equine clinical neonatology*. Philadelphia : Lea & Febiger; 1990.
10. DESJARDINS I, CADORE JL. Analyses sanguines équines. II. Biochimie. *Prat Vét Equine. Prat. vét. équine*; 2006;38(152):7-16.
11. LATIMER K, DUNCAN J, PRASSE K. Duncan & Prasse's veterinary laboratory medicine: clinical pathology. Fifth Edition. Chichester, West Sussex, UK : Wiley-Blackwell; 2011. 509 p.
12. Normal blood chemistry. Dans: KOTERBA A, DRUMMOND W, KOSCH P, rédacteurs. *Equine clinical neonatology*. Philadelphia : Lea & Febiger; 1990.
13. AXON J, PALMER J. Clinical Pathology of the Foal. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 1 août 2008;24(2):357-85.
14. ALLISON R. Laboratory Evaluation of Plasma and Serum Proteins. Dans: THRALL MA. *Veterinary hematology and clinical chemistry*. 2nd ed. Ames, Iowa : Wiley-Blackwell; 2012.
15. SIEVERT M, Schuler G, Büttner K, Wehrend A. Comparison of Different Methods to Determine the Absorption of Colostral IgG in Newborn Foals. *J Equine Vet Sci*. 1 juill 2022;114:104008.
16. SIEVERT M, KROHN J, WEHREND A. Immunoglobulin concentration in equine colostrum and blood of newborn foals as well as clinically relevant IgG evaluation

- methods - An overview. *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere*. oct 2019;47(5):298-307.
17. AWAD MF. CD-ROM de néonatalogie équine : reconnaître les signes d'appel de pathologie néonatale [Thèse de doctorat vétérinaire]. Lyon : Université Claude Bernard; 2007.
 18. KNOTTENBELT D, HOLDSTOCK N, MADIGAN J. Procedures and diagnostic aids. Dans: *Equine neonatology: medicine and surgery*. Edinburgh : Saunders; 2004.
 19. BENAMOU-SMITH A. Interprétation du bilan sanguin du poulain. *Bull GTV*. 2012;(63):63-5.
 20. EVANS E. Proteins, lipids, and carbohydrates. Dans: LATIMER K, DUNCAN J, PRASSE K. *Duncan & Prasse's veterinary laboratory medicine: clinical pathology* . Fifth Edition. Chichester, West Sussex, UK : Wiley-Blackwell; 2011.
 21. WITOWSKA-PILASZEWICK OD, Żmigrodzka M, Winnicka A, Miśkiewicz A, Strzelec K, Cywińska A. Serum amyloid A in equine health and disease. *Equine Vet J*. mai 2019;51(3):293-8.
 22. HULTEN C, DEMMERS S. Serum amyloid A (SAA) as an aid in the management of infectious disease in the foal: comparison with total leucocyte count, neutrophil count and fibrinogen. *Equine Vet J*. nov 2002;34(7):693-8.
 23. STONEHAM SJ, Palmer L, Cash R, Rosedale PD. Measurement of serum amyloid A in the neonatal foal using a latex agglutination immunoturbidimetric assay: determination of the normal range, variation with age and response to disease. *Equine Vet J*. nov 2001;33(6):599-603.
 24. COHEN ND, Chaffin MK, Vandenplas ML, Edwards RF, Nevill M, Moore JN, et al. Study of serum amyloid A concentrations as a means of achieving early diagnosis of *Rhodococcus equi* pneumonia. *Equine Vet J*. mai 2005;37(3):212-6.
 25. TAYLOR S. A review of equine sepsis. *Equine Vet Educ*. févr 2015;27(2):99-109.
 26. Zabrecky K a., Slovis N m., Constable P d., Taylor S d. Plasma C-Reactive Protein and Haptoglobin Concentrations in Critically Ill Neonatal Foals. *J Vet Intern Med*. 2015;29(2):673-7.
 27. KNOTTENBELT D, HOLDSTOCK N, MADIGAN J. Perinatal review. Dans: *Equine neonatology: medicine and surgery*. Edinburgh : Saunders; 2004.
 28. MIEGEVILLE M. Biochimie clinique et hématologie chez des chevaux de sport : établissement de valeurs usuelles et étude des effets de l'âge et du sexe [Thèse de doctorat vétérinaire]. Lyon : Université Claude Bernard; 2015.
 29. Neonatal hyperbilirubinemia. Dans: KOTERBA A, DRUMMOND W, KOSCH P, rédacteurs. *Equine clinical neonatology*. Philadelphia : Lea & Febiger; 1990.
 30. FILLON L. Actualités sur les scores et outils de mesure en néonatalogie équine [Thèse de doctorat vétérinaire]. Toulouse : Université Paul Sabatier, Toulouse 3; 2009.
 31. ROUAUD M. Intérêt des lactates dans la prise en charge des poulains nouveau-nés en soins intensifs [Thèse de Doctorat Vétérinaire]. Toulouse : Université Paul Sabatier, Toulouse 3; 2014.
 32. WILKINS P. Prognostic Indicators for Survival and Athletic Outcome in Critically Ill Neonatal Foals. *Vet Clin North Am Equine Pract*. déc 2015;31(3):615-28.
 33. HENDERSON ISF. Diagnostic and prognostic use of L-lactate measurement in equine practice. *Equine Vet Educ*. 2013;25(9):468-75.

34. THRALL MA, rédacteur. Veterinary hematology and clinical chemistry. Second Edition. Ames, Iowa : Wiley-Blackwell; 2012. 762 p.
35. LECOLLINET S, HANS A, MIERE M, PRADIER S, PITEL PH. Les prélèvements chez le cheval : indications et réalisation. *Nouv Prat Vét Equine*. 1 déc 2015;9(Hors Série):6-10.
36. GLASS K, WATTS A. Septic Arthritis, Phyltitis, and Osteomyelitis in Foals. *Vet Clin North Am Equine Pract*. août 2017;33(2):299-314.
37. Respiratory diseases : approach to diagnosis. Dans: KOTERBA A, DRUMMOND W, KOSCH P, rédacteurs. *Equine clinical neonatology*. Philadelphia : Lea & Febiger; 1990.
38. LESTER GD, LESTER NV. Abdominal and thoracic radiography in the neonate. *Vet Clin North Am Equine Pract*. avr 2001;17(1):19-46.
39. PARADIS MR. Manifestations of septicemia. Dans: *Equine neonatal medicine: a case-based approach*. Philadelphia. Pa : Elsevier Health Sciences; 2006.
40. BUTLER J, COLLES C, DYSON S, KOLD S, POULOS P. The thorax. Dans: *Clinical radiology of the horse . Third*. Chichester, West Sussex, UK ; Ames, Iowa : John Wiley & Sons Inc; 2016.
41. BUTLER J, COLLES C, DYSON S, KOLD S, POULOS P. *Clinical radiology of the horse. Third Edition*. Chichester, West Sussex, UK ; Ames, Iowa : John Wiley & Sons Inc; 2016.
42. BEDENICE D, HEUWIESER W, BRAWER R, SOLANO M, RAND W, PARADIS MR. Clinical and Prognostic Significance of Radiographic Pattern, Distribution, and Severity of Thoracic Radiographic Changes in Neonatal Foals. *J Vet Intern Med*. 2003;17(6):876-86.
43. PARADIS MR. Noninfectious respiratory problems. Dans: *Equine neonatal medicine: a case-based approach*. Philadelphia. Pa : Elsevier Health Sciences; 2006.
44. PARADIS MR. Gastrointestinal Disease. Dans: *Equine neonatal medicine: a case-based approach*. Philadelphia. Pa : Elsevier Health Sciences; 2006.
45. Gastrointestinal system dysfunction. Dans: KOTERBA A, DRUMMOND W, KOSCH P, rédacteurs. *Equine clinical neonatology*. Philadelphia : Lea & Febiger; 1990.
46. BUTLER J, COLLES C, DYSON S, KOLD S, POULOS P. The alimentary and urinary systems. Dans: *Clinical radiology of the horse . Third Edition*. Chichester, West Sussex, UK ; Ames, Iowa : John Wiley & Sons Inc; 2016.
47. PARADIS MR. Noninfectious musculoskeletal problems. Dans: *Equine neonatal medicine: a case-based approach*. Philadelphia. Pa : Elsevier Health Sciences; 2006.
48. RODGERSON D. The skeletal system. Dans: McAULIFFE S, SLOVIS N. *Color atlas of diseases and disorders of the foal*. Edinburgh; New York : Saunders/Elsevier; 2008.
49. SPRAYBERRY K. Ultrasonographic Examination of the Equine Neonate: Thorax and Abdomen. *Vet Clin North Am Equine Pract*. 1 déc 2015;31(3):515-43.
50. REEF V. Pediatric abdominal ultrasonography. Dans: *Equine diagnostic ultrasound*. Philadelphia : W.B. Saunders; 1998.
51. CRIBB N, ARROYO L. Techniques and Accuracy of Abdominal Ultrasound in Gastrointestinal Diseases of Horses and Foals. *Vet Clin North Am Equine Pract*. 1 avr 2018;34(1):25-38.
52. McAULIFFE S. Abdominal Ultrasonography of the Foal. *Clin Tech Equine Pract*. 1 sept 2004;3(3):308-16.
53. BAIN F. Ultrasound of the Thorax and Abdomen in the Foal. *AAEP Proc*. 2012;58:38-44.

54. RAMIREZ S, LESTER G, ROBERTS G. Diagnostic contribution of thoracic ultrasonography in 17 foals with *Rhodococcus equi* pneumonia. *Vet Radiol Ultrasound Off J Am Coll Vet Radiol Int Vet Radiol Assoc.* avr 2004;45(2):172-6.
55. DENOIX JM, AUDIGIE F. Ultrasonographic examination of joints in horses. *AAEP Proc.* 2001;47:366-75.
56. TAMBA G. Le diagnostic de l'arthrose du membre du cheval [Thèse]. Toulouse : Université Paul Sabatier, Toulouse 3; 2005.
57. LINQUIER C, SEGARD-WEISSE E. Particularités échographiques des structures ostéo-articulaires chez le poulain. *Prat Vét Equine. Nouv. Prat. vét. équine;* 2016;48(192):60-3.
58. PARADIS MR. Cardiac disorders. Dans: *Equine neonatal medicine: a case-based approach.* Philadelphia. Pa : Elsevier Health Sciences; 2006.
59. SCHWARZWALD C. Equine Echocardiography. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 1 avr 2019;35(1):43-64.
60. REEF V. Cardiovascular ultrasonography. Dans: *Equine diagnostic ultrasound.* Philadelphia : W.B. Saunders; 1998.
61. RIOUSSET I, SEGARD-WEISSE E. Réaliser une échographie des veines jugulaires chez le cheval. *Prat Vét Equine. Prat. vét. équine;* 2013;45(178):63-5.
62. DOUET JY, REGNIER A. L'échographie oculaire chez le cheval. *Nouv Prat Vét Equine.* 1 déc 2015;9(Hors Série):31-4.
63. SEGARD-WEISSE E, THOMAS A, CADORE JL. Diagnostic des affections oculaires. L'échographie de la région oculaire. *Prat Vét Equine. Prat. vét. équine;* 2016;48(spécial):26-33.
64. PARADIS MR. Neurologic dysfunctions. Dans: *Equine neonatal medicine: a case-based approach.* Philadelphia. Pa : Elsevier Health Sciences; 2006.
65. EPPERLY E, WHITTY J. Equine Imaging: Computed Tomography Interpretation. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 1 déc 2020;36(3):527-43.
66. LASCOLA K, JOSLYN S. Diagnostic Imaging of the Lower Respiratory Tract in Neonatal Foals: Radiography and Computed Tomography. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 1 déc 2015;31(3):497-514.
67. LINDEGAARD C, VAN GALEN G, AARSVOLD S, Berg LC, Verwilghen D. Haematogenous septic arthritis, phylitis and osteomyelitis in foals: A tutorial review on pathogenesis, diagnosis, treatment and prognosis. Part 1. *Equine Vet Educ.* 2021;33(12):659-72.
68. BARBA M, LEPAGE O. Diagnostic utility of computed tomography imaging in foals: 10 cases (2008–2010). *Equine Vet Educ.* 1 janv 2013;25.
69. MURRAY R, rédacteur. *Equine MRI.* Chichester : Wiley-Blackwell; 2011. 504 p.
70. HAHN C. The nervous system. Dans: McAULIFFE S, SLOVIS N. *Color atlas of diseases and disorders of the foal.* Edinburgh; New York : Saunders/Elsevier; 2008.
71. PARADIS MR. Assessing the newborn foal. Dans: *Equine neonatal medicine: a case-based approach.* Philadelphia. Pa : Elsevier Health Sciences; 2006.
72. FARAMARZI B, RICH L. Haematological profile in foals during the first year of life. *Vet Rec.* 2019;184(16):503-503.
73. PORTER M, RAMIREZ S. Equine Neonatal Thoracic and Abdominal Ultrasonography. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 1 août 2005;21(2):407-29.

74. MATTHYS H. État des lieux des pratiques vétérinaires néonatales équines : étude de terrain 2013-2016 [Thèse de doctorat vétérinaire]. Lyon : Université Claude Bernard; 2016.
75. SANCHEZ LC. Equine Neonatal Sepsis. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 1 août 2005;21(2):273-93.
76. LHERAUD P. Contribution à la thérapeutique en néonatalogie équine : étude bibliographique [Thèse de Doctorat Vétérinaire]. Toulouse : Université Paul Sabatier, Toulouse 3; 2006.
77. MAGDESIAN KG. Neonatal Foal Diarrhea. *Vet Clin North Am Equine Pract.* août 2005;21(2):295-312.
78. MALLICOTE M, HOUSE AM, SANCHEZ LC. A review of foal diarrhea from birth to weaning. *Equine Vet Educ.* avr 2012;24(4):206-14.
79. THOMAS L. Hematocrit (HCT). Dans: *Clinical laboratory diagnostics: use and assessment of clinical laboratory results* . 1st ed., English ed. Frankfurt, Germany : TH-Books; 1998.
80. HEINZE G, SCHEMPER M. A solution to the problem of separation in logistic regression. *Stat Med.* 2002;21(16):2409-19.

ANNEXES

Annexe 1 : Coefficients de la régression logistique pour l'anémie (taux d'hémoglobine)

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
< 1 mois (Référence)	0.189312	0.09555317 - 0.3487022	3.98e-07 **
1 à 2 mois	1.6844252	0.76277305 - 3.5561859	0.181
2 à 6 mois	0.5490266	0.20849690 - 1.2823448	0.190
6 à 12 mois	0.9334022	0.31295484 - 2.4596422	0.894
Septicémie	1.3464625	0.67187067 - 2.7959191	0.411
Digestif	0.5776192	0.18916896 - 1.5632967	0.302
Musculosquelettique	1.2431766	0.36659761 - 3.6502871	0.706
Traumatisme	1.4085418	0.44218341 - 4.0860633	0.540

Annexe 2 : Coefficients de la régression logistique pour la leucocytose

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
< 1 mois (Référence)	0.1694915	0.1129139 - 0.2455255	< 2e-16**
1 à 2 mois	3.0517241	1.4441262 - 6.3180206	0.00288 **
2 à 6 mois	2.3178571	1.2298506 - 4.3310510	0.00858 **
6 à 12 mois	1.1800000	0.4476467 - 2.7709980	0.71823

Annexe 3: Coefficients de la régression logistique pour la leucopénie

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
< 1 mois (Référence)	0.4178082	0.30781322 - 0.5601961	1.04e-08**
1 à 2 mois	0.2393443	0.06965058 - 0.6262338	0.008839 **
2 à 6 mois	0.1293753	0.03821313 - 0.3293863	0.000134 **
6 à 12 mois	0.1196721	0.01911759 - 0.4067299	0.004138 **

Annexe 4 : Coefficients de la régression logistique pour la neutrophilie

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
< 1 mois (Référence)	0.2664380	0.1502150 - 0.4529606	2.4e-06 **
1 à 2 mois	1.6952289	0.8190636 - 3.4092871	0.144
2 à 6 mois	1.3998950	0.7444967 - 2.6018105	0.290
6 à 12 mois	0.9529984	0.4049322 - 2.1264526	0.909
Septicémie	1.0893401	0.5921893 - 2.0355680	0.785
Digestif	1.3231965	0.6379034 - 2.7193419	0.447
Musculosquelettique	1.5745698	0.5974806 - 3.9486639	0.342
Traumatisme	1.2643453	0.4835927 - 3.1384869	0.620

Annexe 5 : Coefficients de la régression logistique pour la neutropénie

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
< 1 mois (Référence)	0.3341202	0.1884852 - 0.5675193	8.89e-05 **
1 à 2 mois	0.4607638	0.1962137 - 0.9875776	0.0576
2 à 6 mois	0.4092388	0.1968406 - 0.8068296	0.0126 *
6 à 12 mois	0.5111658	0.2109813 - 1.1569674	0.1194
Septicémie	1.5488214	0.8443882 - 2.9128152	0.1644
Digestif	2.2553441	1.0677937 - 4.8145216	0.0334 *
Musculosquelettique	0.8610825	0.2612189 - 2.4410990	0.7893
Traumatisme	2.3947182	0.9187469 - 6.0820241	0.0680

Annexe 6 : Coefficients de la régression logistique pour la thrombocytose

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
< 1 mois (Référence)	0.2732919	0.19357305 - 0.3777378	2.43e-14 **
1 à 2 mois	2.7443182	1.35692253 - 5.4995570	0.00448 **
2 à 6 mois	1.7922078	0.98422702 - 3.2243143	0.05312
6 à 12 mois	0.2888756	0.06759066 - 0.8478030	0.04637 *

Annexe 7 : Coefficients de la régression logistique pour l'hyperprotéinémie sans hyperalbuminémie

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
< 1 mois (Référence)	0.03153814	0.006199998 - 0.1075604	1.27e-06 **
1 à 2 mois	5.12808022	1.790102945 - 14.9211022	0.0023 **
2 à 6 mois	2.49056596	0.870394078 - 7.0876458	0.0853
6 à 12 mois	2.00250690	0.637297869 - 6.1309568	0.2249
Septicémie	5.33709817	1.525781942 - 25.7886171	0.0170 *
Digestif	6.36535409	1.726587659 - 31.3800362	0.0101 *
Musculosquelettique	6.71896130	1.339454064 - 39.2370314	0.0228 *
Traumatisme	5.62581302	0.976615463 - 36.2702020	0.0543

Annexe 8 : Coefficients de la régression logistique pour l'hypoalbuminémie

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
< 1 mois (Référence)	0.6781830	0.34580163 - 1.3009453	0.2472
1 à 2 mois	0.3416560	0.07553312 - 1.1147097	0.1062
2 à 6 mois	0.6288503	0.24022063 - 1.5469740	0.3249
6 à 12 mois	0.1652844	0.02461653 - 0.6476426	0.0236 *
Septicémie	0.5706577	0.25124786 - 1.2776320	0.1743
Digestif	0.5737235	0.20718196 - 1.4910630	0.2652
Musculosquelettique	0.8651919	0.16563066 - 3.7253915	0.8507

Annexe 9 : Coefficients de la régression logistique pour l'augmentation de la SAA

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
< 1 mois (Référence)	0.8618307	0.4153385 - 1.769902	0.685
1 à 2 mois	0.9706407	0.4018043 - 2.366185	0.947
2 à 6 mois	1.0030014	0.4224477 - 2.395124	0.995
6 à 12 mois	0.7628166	0.1955991 - 2.986063	0.690
Septicémie	1.2222925	0.5622099 - 2.684668	0.613
Digestif	2.0549003	0.7544332 - 5.935471	0.167
Musculosquelettique	3.6640162	0.7423571 - 27.405403	0.139
Traumatisme	2.8720927	0.6761191 - 15.156750	0.171

Annexe 10 : Coefficients de la régression logistique pour l'hyperlactatémie

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
< 1 mois (Référence)	1.6583514	0.60134773 - 4.987030	0.338
1 à 2 mois	0.5226997	0.06863622 - 2.728487	0.172
2 à 6 mois	0.6146774	0.13162508 - 2.593322	0.114
6 à 12 mois	0.2459643	0.02462878 - 1.446331	0.746
Septicémie	0.4310110	0.12287970 - 1.413026	0.606
Digestif	0.3101623	0.06734751 - 1.275127	0.469
Musculosquelettique	1.4118249	0.17353934 - 13.913283	0.513
Traumatisme	0.5850188	0.06073194 - 4.166932	0.159

Annexe 11 : Coefficients de la régression logistique pour l'augmentation des CK

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
Septicémie	0.21337884	0.074249791 - 0.5753630	0.00291 **
Digestif	0.41282303	0.126489682 - 1.2734492	0.13058
Musculosquelettique	6.48177395	1.434657458 - 46.4928887	0.02742 *
Traumatisme	0.08723375	0.004315383 - 0.5932188	0.03284 *

Annexe 12 : Coefficients de la régression logistique pour l'augmentation des CK

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
< 1 mois (Référence)	1.2564334	0.70438477 - 2.2669981	0.4409
1 à 2 mois	0.1601357	0.02308325 - 0.6792487	0.0260 *
2 à 6 mois	0.2393112	0.04971108 - 0.8736203	0.0438 *
6 à 12 mois	1.5165950	0.46447286 - 5.3185692	0.4969
Digestif	0.2754113	0.08062080 - 0.8157288	0.0266 *

Annexe 13 : Coefficients de la régression logistique pour l'hypernatrémie

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
< 1 mois (Référence)	0.8538405	0.35836122 - 1.9848864	0.71373
1 à 2 mois	0.3480458	0.05986610 - 1.7501965	0.20880
2 à 6 mois	0.1795945	0.02956626 - 0.8245617	0.03824 *
6 à 12 mois	0.1376350	0.01484042 - 0.9076250	0.05062
Septicémie	1.6137479	0.58552187 - 4.5830848	0.35853
Digestif	7.0998076	1.79500186 - 34.6657441	0.00857 **
Musculosquelettique	2.6330385	0.45094330 - 18.5865996	0.29547
Traumatisme	2.5293300	0.23208710 - 27.3483930	0.42877

Annexe 14 : Coefficients de la régression logistique pour l'hyperchlorémie

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
< 1 mois (Référence)	0.61263839	0.238916507 - 1.4708633	0.2831
1 à 2 mois	1.06256680	0.208449872 - 6.0810262	0.9419
2 à 6 mois	0.05289689	0.002515375 - 0.3506469	0.0110 *
6 à 12 mois	0.04575200	0.001597340 - 0.4074598	0.0188 *
Septicémie	2.62948356	0.908617022 - 8.1031747	0.0809
Digestif	4.41654907	1.132765715 - 20.0157067	0.0401 *
Musculosquelettique	6.01022756	0.759275759 - 75.4945426	0.1169
Traumatisme	9.56080064	0.726987278 - 302.9669443	0.1186

Annexe 15 : Coefficients de la régression logistique pour l'opacification alvéolaire

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
< 1 mois (Référence)	0.4833961	0.16910557 - 1.290122	0.156
1 à 2 mois	0.7237847	0.19637741 - 2.426397	0.608
2 à 6 mois	1.0128383	0.32607350 - 3.150250	0.982
6 à 12 mois	0.2993941	0.01487594 - 2.080542	0.291
Septicémie	1.7031685	0.62134089 - 4.844332	0.305
Digestif	1.3586298	0.34402891 - 5.106194	0.650
Musculosquelettique	0.4480654	0.02161263 - 3.426154	0.493

Annexe 16 : Coefficients de la régression logistique pour l'opacification bronchique

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
< 1 mois (Référence)	0.5666667	0.3060602 - 1.015165	0.06135
1 à 2 mois	3.8823529	1.2015069 - 14.118735	0.02841 *
2 à 6 mois	6.1764706	2.1883010 - 19.647548	0.00101 **
6 à 12 mois	2.3529412	0.4664275 - 13.159049	0.29783

Annexe 17 : Coefficients de la régression logistique pour l'opacification interstitielle

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
Septicémie	2.6074542	1.07670970 - 6.5396912	0.0363 *
Digestif	0.8392159	0.19795663 - 3.1476073	0.7996
Musculosquelettique	0.3347824	0.01661579 - 2.3695383	0.3391

Annexe 18 : Coefficients de la régression logistique pour les déviations angulaires

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
< 1 mois (Référence)	3.76303326	0.547441723 - 74.0515713	0.2384
1 à 2 mois	1.39308772	0.425360539 - 4.5479235	0.5799
2 à 6 mois	0.92916117	0.294834667 - 2.9219448	0.8993
6 à 12 mois	0.46068565	0.137125062 - 1.5036943	0.2007
Septicémie	0.06719809	0.003065765 - 0.5641853	0.0266 *
Digestif	0.39152509	0.006715739 - 17.3569374	0.6113
Musculosquelettique	0.27566996	0.012450395 - 2.4143904	0.2947
Traumatisme	0.12202875	0.005687399 - 0.9952471	0.0799

Annexe 19 : Coefficients de la régression logistique pour les fractures

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
< 1 mois (Référence)	0.3571429	0.1649918 - 0.711200	0.00519 **
1 à 2 mois	1.6000000	0.5092380 - 4.986237	0.41477
2 à 6 mois	1.2320000	0.4462250 - 3.435977	0.68617
6 à 12 mois	0.9000000	0.3125176 - 2.563528	0.84288

Annexe 20 : Coefficients de la régression logistique pour les irrégularités pleurales

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
< 1 mois (Référence)	1.771267e+00	0.49310599 - 6.875182e+00	0.3867
1 à 2 mois	2.914664e-01	0.06399775 - 1.187921e+00	0.8582
2 à 6 mois	5.791082e-01	0.14224196 - 2.256332e+00	0.2669
6 à 12 mois	1.147143e-08	4.928644e+64	0.7301
Septicémie	8.933757e-01	0.25322113 - 3.087753e+00	0.8582
Digestif	2.556094e+00	0.51277845 - 1.521891e+01	0.2669
Musculosquelettique	5.973089e-01	0.02116196 - 1.675577e+01	0.7301
Traumatisme	8.559369e-01	0.05686805 - 2.275884e+01	0.9118

Annexe 21 : Coefficients de la régression logistique pour les omphaloartérites, les omphalophlébites et les ourachites

Variable	Odds ratio	IC de l'odds ratio	P-value
Septicémie	4.3465909	1.6707782 - 12.144717	0.00339 **
Digestif	0.8500000	0.1056441 - 4.969432	0.86275

ETAT DES LIEUX DE L'UTILISATION DES EXAMENS COMPLEMENTAIRES CHEZ LE POULAIN : ETUDE DE TERRAIN A LA CLINEQUINE DE 2016 A 2021.

Auteur

PERES Amélie

Résumé

De nombreux examens complémentaires sont disponibles à la fois au niveau des analyses sanguines et des examens d'imagerie médicale. Les différents paramètres sanguins permettent de déterminer le statut inflammatoire, de détecter une infection ou une anémie, d'évaluer l'état d'hydratation, d'évaluer le fonctionnement de certains organes ou d'apporter des informations sur le pronostic du poulain. La radiographie et l'échographie permettent d'évaluer la plupart des grands systèmes (thorax, abdomen, squelette ...) mais le scanner et l'IRM permettent souvent d'avoir des images plus précises et plus précoces, surtout par rapport à la radiographie. Leurs principales limites restent leur coût, leur faible disponibilité et la nécessité d'une anesthésie.

Nous avons effectué une étude rétrospective sur 267 poulains de moins d'un an ayant été hospitalisé à la Clinéquine. Les examens complémentaires les plus utilisés sont les analyses sanguines, avec notamment la NFS (utilisée dans 72% des cas). Puis viennent les examens d'imagerie avec la radiographie du squelette appendiculaire (28% des cas), l'échographie abdominale (27%), l'échographie ombilicale (26%) et la radiographie thoracique (25%). L'âge et la catégorie d'affection influencent l'utilisation de certains examens. De nombreuses anomalies ont été notées et l'influence des facteurs de risque a été étudiée à l'aide d'une modélisation par régression logistique pour certaines d'entre elles.

Il ressort de cette étude que les examens complémentaires peuvent apporter de nombreuses informations au clinicien qui doit les interpréter correctement car le poulain possède des spécificités par rapport au cheval adulte.

Mots-clés

Examens complémentaires, Imagerie, Hématologie, Biochimie, Poulain

Jury

Président du jury	:	Professeur	BERTHEZENE Yves
1er assesseur	:	Docteur	BENAMOU-SMITH Agnès
2ème assesseur	:	Docteur	THOMAS-CANCIAN Aurélie