



**INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES
UNIVERSITE DES FRERES MENTOURI CONSTANTINE 1**

N° de série

N° d'ordre

THESE

**En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en sciences vétérinaires
Option : Physiologie animale et pharmacodynamie**

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'INFLUENCE DES FACTEURS
INTRINSEQUES ET EXTRINSEQUES SUR QUELQUES
PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES SANGUINS CHEZ LES BOVINS
DANS LA REGION DE CONSTANTINE**

Présenté par Mlle MEKROUD Meriem

Soutenue publiquement le 17 / 06 / 2021

Membres du jury :

BERERHI El-hacene	Président	Professeur	UFM. Constantine 1
KAYOUECHE Fatima-Zohra	Examineur	Professeur	UFM. Constantine 1
BENNOUNE Omar	Examineur	Professeur	Université de Batna
RIGHI Souad	Examineur	MCA	Université d'El Tarf
ARZOUR-LAKEHAL Nedjoua	Dir.de thèse	MCA	UFM. Constantine 1

Dédicace

*Je remercie **ALLAH** le tout puissant pour m'avoir donné la force et la volonté
pour pouvoir réaliser ce travail....**EL HAMDOULILLAH***

***A mes parents**, Vous étiez toujours là ! Merci pour la confiance que vous m'avez accordée, pour
m'avoir soutenue et supporter toutes ces années, pour votre amour et encouragements
inconditionnels
.... Vous serez toujours mon premier exemple*

***A mon très cher frère Yahya Ouassim**, tu es toujours serviable !
A ma sœur adorée Housna Farah, ma meilleure amie, tu es la source de ma bonne humeur !
Je vous souhaite beaucoup de succès dans votre vie professionnelle et privée*

***A mon grand-père Ahmed** qui a toujours prié pour ma réussite. Que Dieu lui accorde longue vie*

***A mes grands-parents défunts** (Allah yarhamhom)*

A toute ma grande famille, oncles, tantes et cousins

A mes enseignants et mes collègues de l'institut vétérinaire de Constantine.

... je dédie ce travail

Remerciements

A Monsieur le professeur BERERHI El-hacene, qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse, Hommage respectueux.

A mon encadreur Madame le Docteur ARZOUR-LAKEHAL Nedjoua, pour avoir accepté de diriger cette thèse et pour ses précieux conseils. Qu'elle trouve ici l'expression de mes remerciements les plus sincères et les plus respectueux

A Madame le professeur KAYOUECHE Fatima-Zohra pour avoir accepté de faire partie de notre jury, avec tout notre respect et notre profonde gratitude.

A Monsieur le Professeur BENNOUNE Omar de l'université de Batna, pour nous avoir fait l'honneur de juger ce travail, hommages respectueux.

A Madame le docteur RIGHI Souad de l'université d'El-Tarf, qui a accepté de faire partie de notre jury de thèse, Sincères remerciements.

A Monsieur OUCHENE Nassim, professeur à l'institut vétérinaire de Blida pour nous avoir aidé et conseillé dans nos analyses statistiques. Je lui exprime toute ma reconnaissance.

A Monsieur BAGHRICHE Abdel-Fettah, enseignant de statistiques à l'institut des sciences vétérinaires de Constantine, pour ses informations précieuses, un grand merci.

A Monsieur le docteur BOUSSOUF, propriétaire du groupe Boussouf de Mila ainsi qu'à Monsieur le directeur de la ferme pilote EL-BAARAOUIA de Constantine qui m'ont permis de prélever leurs animaux, merci infiniment.

A Monsieur Fakhreddine, technicien à la ferme El BAARAOUIA pour son aide et son amabilité, ainsi qu'à Mlle BENCHAAABANE, ingénieur à la ferme BOUSSOUF pour son aide, merci.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de cette thèse.

PLAN DE THESE

INTRODUCTION	1
OBJECTIF ET BUT DE L'ETUDE	2

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I 4

Connaissances générales sur l'hématologie chez les bovins 4

1. Paramètres hématologiques de la lignée rouge	4
1.1. Globules rouges (ou hématies).....	4
1.1.1. Définition et structure.....	4
1.1.2. Physiologie et fonction.....	5
1.1.3. Régulation.....	6
1.1.4. Valeurs bibliographiques.....	8
1.1.1.1. Nombres.....	8
1.1.1.2. Tailles.....	9
1.1.1.3. Formes.....	9
1.2. Hémoglobine.....	10
1.2.1. Définition.....	10
1.2.2. Structure.....	11
1.2.3. Synthèse des chaînes de globine.....	12
1.2.4. Fonction.....	12
1.2.5. Régulation.....	13
1.2.6. Valeurs bibliographiques.....	14
1.3. Hématocrite.....	14
1.3.1. Définition.....	14
1.3.2. Valeurs bibliographiques.....	15
1.4. Volume globulaire moyen.....	15
1.4.1. Définition.....	15
1.4.2. Valeurs bibliographiques.....	15

1.5. Concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine.....	16
1.5.1. Définition.....	16
1.5.2. Valeurs bibliographiques.....	16
1.6. Teneur globulaire moyenne en hémoglobine.....	16
1.6.1. Définition.....	16
1.6.2. Valeurs bibliographiques.....	16
1.7. Plaquettes (ou thrombocytes).....	16
1.7.1. Définition et structure.....	16
1.7.2. Fonction.....	17
1.7.3. Régulation.....	17
1.7.4. Valeurs bibliographiques.....	17
2. Paramètres hématologiques de la lignée blanche.....	18
2.1. Globules blancs (leucocytes).....	18
2.1.1. Définition.....	18
2.1.2. Régulation.....	18
2.1.3. Classes des globules blancs.....	19
2.1.4. Valeurs bibliographiques.....	23
3. Méthodes analytiques hématologiques.....	24
3.1. Méthodes manuelles.....	24
3.1.1. Comptage globulaire.....	24
3.1.2. Hémoglobine.....	25
3.1.3. Hématocrite.....	26
3.1.4. VGM, TGMH et CCMH.....	26
3.1.5. Frottis sanguin.....	27
3.2. Méthodes automatiques.....	27

Chapitre II 30

Notion sur les ions chez les bovins 30

1. Ions monovalents.....	30
1.1. Sodium.....	30
1.2. Potassium.....	31

1.3. Chlore.....	31
2. Ions divalents.....	32
2.1. Calcium.....	32
2.2. Phosphore.....	32
3. Méthodes analytiques ioniques.....	34

Chapitre III 35

Facteurs influençant les paramètres de la lignée rouge, la lignée blanche et les ions chez les bovins 35

1. Facteurs intrinsèques.....	35
1.1. L'âge.....	35
1.2. La race.....	37
1.3. Le sexe.....	38
1.4. Le stade physiologique.....	39
1.4.1. Gestation.....	39
1.4.2. Parturition.....	39
1.4.3. Lactation.....	40
2. Facteurs extrinsèques.....	42
2.1. La saison et le climat.....	42
2.2. Le système d'élevage (ou mode d'exploitation).....	42
2.3. L'alimentation.....	43
2.4. L'état pathologique.....	45
2.4.1. Pathologies Infectieuses.....	45
2.4.2. Pathologies non infectieuses et intoxications végétales.....	46
2.4.3. Pathologies parasitaires.....	47
2.5. Les traitements médicamenteux.....	49
2.5.1. Corticothérapie.....	49
2.5.2. Antibiothérapie.....	49
2.5.3. Fluidothérapie.....	50

2.5.4. Biocides.....	50
2.6. Le stress.....	51

ETUDE EXPERIMENTALE

Chapitre IV

Protocole expérimental

1. Objectifs et buts de l'étude.....	52
2. Description des zones d'étude.....	52
2.1. Situation géographique.....	52
2.2. Climatologie.....	53
2.3. Eco pédologie et agriculture.....	53
2.4. Description des structures.....	54
2.4.1. Ferme pilote Baaraouia – Constantine.....	54
2.4.2. Ferme Boussouf – Mila.....	55
3. Matériel et méthodes.....	56
3.1. Echantillonnage des animaux.....	56
3.2. Mode opératoire.....	57
3.2.1. Technique des prélèvements.....	57
3.2.2. Transport et conservation.....	57
3.2.3. Méthodes d'analyse.....	57
3.2.4. Analyses statistiques des données.....	58
3.2.5. Modalités de présentation des résultats.....	59

Chapitre V

Résultats et interprétations

Premier volet : Valeurs usuelles chez les bovins et influence des facteurs intrinsèques sur quelques paramètres hématologiques et ioniques	62
1. Valeurs usuelles chez les bovins.....	62
1.1. Résultats.....	62

1.2. Interprétation.....	64
2. Influence des facteurs intrinsèques sur quelques paramètres hématologiques et ioniques.....	66
2.1. Age.....	66
2.1.1. Résultats graphiques et statistiques.....	66
2.1.2. Interprétation.....	70
2.2. Race.....	71
2.2.1. Résultats graphiques et statistiques.....	71
2.2.2. Interprétation.....	74
2.3. Sexe.....	75
2.3.1. Résultats graphiques et statistiques.....	75
2.3.2. Interprétation.....	78
2.4. Stade physiologique.....	79
2.4.1. Résultats graphiques et statistiques.....	79
2.4.2. Interprétation.....	84
 Deuxième volet : Influence des facteurs extrinsèques sur quelques paramètres hématologiques chez les bovins	 87
1. Influence des facteurs extrinsèques sur quelques paramètres hématologiques chez les bovins.....	87
1.1. Saison.....	87
1.1.1. Résultats graphiques et statistiques.....	87
1.1.2. Interprétation.....	91
1.2. Système d'élevage.....	92
1.2.1. Résultats graphiques et statistiques.....	92
1.2.2. Interprétation.....	95
 Chapitre VI	 96
Discussion	96
Discussion des résultats du premier volet.....	96

1. Valeurs usuelles.....	96
2. Influence des facteurs intrinsèques.....	96
2.1. Age.....	96
2.2. Race.....	100
2.3. Sexe.....	102
2.4. Stade physiologique.....	103
Discussion des résultats du deuxième volet.....	109
1. Influence des facteurs extrinsèques.....	109
1.1. Saison.....	109
1.2. Système d'élevage.....	111
CONCLUSION.....	113
RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES.....	115
RESUME (EN FRANÇAIS).....	116
RESUME (EN ANGLAIS).....	117
RESUME (EN ARABE).....	118
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	119
ANNEXES	

LISTE DES TABLEAUX, FIGURES, PLANCHES ET DIAGRAMMES

Tableaux

Tableau 01: Volumes sanguins chez les deux classes d'âges des bovins.....	8
Tableau 02: Récapitulatif des intervalles de variations des paramètres de la lignée rouge chez l'espèce bovine.....	17
Tableau 03: Récapitulatif des intervalles de variations des paramètres de la lignée blanche chez l'espèce bovine.....	23
Tableau 04: Récapitulatif des valeurs ioniques chez l'espèce bovine.....	33
Tableau 05: données climatologiques des deux régions d'étude (Constantine et Mila-Chelghoum el Aid).....	53
Tableau 06: La distribution des infrastructures de la ferme BAARAOUIA de Constantine	54
Tableau 07: valeurs hématologiques et ioniques moyennes globales de tous les bovins prélevés (180 bovins).....	62
Tableau 08: valeurs des paramètres hématologiques relevés dans la bibliographie et données personnelles.....	63
Tableau 09 : valeurs des paramètres hématologiques relevés dans la bibliographie selon les lieux d'étude comparativement à nos données personnelles.....	64
Tableau 10: Variations des paramètres de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction de l'âge et degré de signification statistique.....	67
Tableau 11: Variations des paramètres de la lignée blanche en fonction de l'âge et degré de signification statistique.....	69
Tableau 12: Variations des paramètres de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction de la race et degré de signification statistique.....	72
Tableau 13: Variations des paramètres de la lignée blanche en fonction de la race et degré de signification statistique.....	74
Tableau 14: Variations des paramètres de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction du sexe et degré de signification statistique.....	76
Tableau 15: Variations des paramètres de la lignée blanche en fonction du sexe et degré de signification statistique.....	78

Tableau 16: Variations des paramètres de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction du stade physiologique et degré de signification statistique.....	80
Tableau 17: Variations des paramètres de la lignée blanche en fonction du stade physiologique et degré de signification statistique.....	82
Tableau 18: Variations des ions en fonction du stade physiologique et degré de signification statistique.....	84
Tableau 19: Variations des paramètres de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction de la saison et degré de signification statistique.....	88
Tableau 20: Variations des paramètres de la lignée blanche en fonction de la saison et degré de signification statistique.....	90
Tableau 21: Variations des paramètres de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction du système d'élevage et degré de signification statistique.....	93
Tableau 22: Variations des paramètres de la lignée blanche en fonction du système d'élevage et degré de signification statistique.....	95

Figures

Figure 01: Schéma de l'érythropoïèse.....	7
Figure 02: Quelques anomalies de formes des globules rouges.....	10
Figure 03: Structures des 3 types d'hème.....	11
Figure 04: Structure de l'hémoglobine.....	12
Figure 05: Les étapes de régulation de l'hémoglobine.....	13
Figure 06: Tube capillaire pour hématocrite.....	15
Figure 07: La leucopoïèse.....	19
Figure 08: Matériel pour analyse hématologique manuelle. a : Cellule hématimétrique de Thoma (hématimètre ou hémocytomètre), b : Pipettes de Potain (pour globules rouges et globules blancs), c : Hémoglobinomètre de Sahli complet en étui.....	25
Figure 09: Remplissage et préparation des tubes à hématocrite.....	26
Figure 10 : dendrogramme de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction de l'âge.....	68
Figure 11 : dendrogramme de la lignée blanche en fonction de l'âge.....	69
Figure 12 : dendrogramme de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction du stade physiologique.....	81

Figure 13 : dendrogramme de la lignée blanche en fonction du stade physiologique.....	82
Figure 14: dendrogramme des ions en fonction du stade physiologique.....	84
Figure 15: dendrogramme de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction de la saison.....	89
Figure 16: dendrogramme de la lignée blanche en fonction de la saison.....	90

Photos

Photo A: Hématies du bovin, coloration rapide MGG (kit RAL 555), x 100.....	60
Photo B: Neutrophile du bovin, coloration rapide MGG (kit RAL 555), x100.....	60
Photo C: Eosinophile du bovin, coloration rapide MGG (kit RAL 555), x100.....	60
Photo D: Basophile du bovin (à gauche), neutrophile (à droite), coloration Wright-Giemsa	60
Photo E: Lymphocyte du bovin, coloration rapide MGG (kit RAL 555), x100.....	61
Photo F: Monocyte du bovin avec vacuoles cytoplasmiques, coloration rapide MGG (kit RAL 555), x 100.....	61
Photo G: (a) neutrophile et (b) monocyte du bovin, coloration rapide MGG (kit RAL 555), x100.....	61
Photo H: (a) lymphocyte et (b) neutrophile du bovin, coloration rapide MGG (kit RAL 555), x 100.....	61
Photo I: (a) éosinophile et (b) neutrophile du bovin, coloration rapide MGG (kit RAL 555), x 100.....	61
Photo J: (a) neutrophiles et (b) lymphocytes du bovin, coloration rapide MGG (kit RAL 555), x 100.....	61

Diagrammes

Diagramme 01: Variation des globules rouges en fonction de l'âge.....	66
Diagramme 02: Variation de l'hémoglobine en fonction de l'âge.....	66
Diagramme 03: Variation de l'hématocrite en fonction de l'âge.....	66
Diagramme 04: Variation des plaquettes en fonction de l'âge.....	66
Diagramme 05: Variation du volume globulaire moyen en fonction de l'âge.....	67
Diagramme 06: Variation de la teneur globulaire moyenne en hémoglobine en fonction de	67

l'âge.....	
Diagramme 07: Variation de la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine en fonction de l'âge.....	67
Diagramme 08: Variation des globules blancs en fonction de l'âge.....	68
Diagramme 09: Variation des lymphocytes en fonction de l'âge.....	68
Diagramme 10: Variation des monocytes en fonction de l'âge.....	68
Diagramme 11: Variation des neutrophiles en fonction de l'âge.....	68
Diagramme 12: Variation des éosinophiles en fonction de l'âge.....	69
Diagramme 13: Variation des basophiles en fonction de l'âge.....	69
Diagramme 14: Variation des globules rouges en fonction de la race.....	71
Diagramme 15: Variation de l'hémoglobine en fonction de la race.....	71
Diagramme 16: Variation de l'hématocrite en fonction de la race.....	71
Diagramme 17: Variation des plaquettes en fonction de la race.....	71
Diagramme 18: Variation du volume globulaire moyen en hémoglobine en fonction de la race.....	72
Diagramme 19: Variation de la teneur globulaire moyenne en hémoglobine en fonction de la race.....	72
Diagramme 20: Variation de la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine en fonction de la race.....	72
Diagramme 21: Variation des globules blancs en fonction de la race.....	73
Diagramme 22: Variation des lymphocytes en fonction de la race.....	73
Diagramme 23: Variation des monocytes en fonction de la race.....	73
Diagramme 24: Variation des neutrophiles en fonction de la race.....	73
Diagramme 25: Variation des éosinophiles en fonction de la race.....	73
Diagramme 26: Variation des basophiles en fonction de la race.....	73
Diagramme 27: Variation des globules rouges en fonction du sexe.....	75
Diagramme 28: Variation de l'hémoglobine en fonction du sexe.....	75
Diagramme 29: Variation de l'hématocrite en fonction du sexe.....	75
Diagramme 30: Variation des plaquettes en fonction du sexe.....	75
Diagramme 31: Variation du volume globulaire moyen en fonction du sexe.....	76
Diagramme 32: Variation de la teneur globulaire moyenne en hémoglobine en fonction du sexe.....	76

Diagramme 33: Variation de la concentration corpusculaire Moyenne en fonction du sexe...	76
Diagramme 34: Variation des globules blancs en fonction du sexe.....	77
Diagramme 35: Variation des lymphocytes en fonction du sexe.....	77
Diagramme 36: Variation des monocytes en fonction du sexe.....	77
Diagramme 37: Variation des neutrophiles en fonction du sexe.....	77
Diagramme 38: Variation des éosinophiles en fonction du sexe.....	77
Diagramme 39: Variation des basophiles en fonction du sexe.....	77
Diagramme 40: Variation des globules rouges en fonction du stade physiologique.....	79
Diagramme 41: Variation de l'hémoglobine en fonction du stade physiologique.....	79
Diagramme 42: Variation de l'hématocrite en fonction du stade physiologique.....	79
Diagramme 43: Variation des plaquettes en fonction du stade physiologique.....	79
Diagramme 44: Variation du volume globulaire moyen en hémoglobine en fonction du stade physiologique.....	80
Diagramme 45: Variation de la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine en fonction du stade physiologique.....	80
Diagramme 46: Variation de la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine en fonction du stade physiologique.....	80
Diagramme 47: Variation des globules blancs en fonction du stade physiologique.....	81
Diagramme 48: Variation des lymphocytes en fonction du stade physiologique.....	81
Diagramme 49: Variation des monocytes en fonction du stade physiologique.....	81
Diagramme 50: Variation des neutrophiles en fonction du stade physiologique.....	81
Diagramme 51: Variation des éosinophiles en fonction du stade physiologique.....	82
Diagramme 52: Variation des basophiles en fonction du stade physiologique.....	82
Diagramme 53: Variation du sodium en fonction du stade physiologique.....	83
Diagramme 54: Variation du potassium en fonction du stade physiologique.....	83
Diagramme 55: Variation du chlore en fonction du stade physiologique.....	83
Diagramme 56: Variation du calcium en fonction du stade physiologique.....	83
Diagramme 57: Variation du phosphore en fonction du stade physiologique.....	83
Diagramme 58: Variation des globules rouges en fonction de la saison.....	87
Diagramme 59: Variation de l'hémoglobine en fonction de la saison.....	87
Diagramme 60: Variation de l'hématocrite en fonction de la saison.....	87
Diagramme 61: Variation des plaquettes en fonction de la saison.....	87
Diagramme 62: Variation du volume globulaire moyen en hémoglobine en fonction de la	88

saison.....	
Diagramme 63: Variation de la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine en fonction de la saison.....	88
Diagramme 64: Variation de la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine en fonction de la saison.....	88
Diagramme 65: Variation des globules blancs en fonction de la saison.....	89
Diagramme 66: Variation des lymphocytes en fonction de la saison.....	89
Diagramme 67: Variation des monocytes en fonction de la saison.....	89
Diagramme 68: Variation des neutrophiles en fonction de la saison.....	89
Diagramme 69: Variation des éosinophiles en fonction de la saison.....	90
Diagramme 70: Variation des basophiles en fonction de la saison.....	90
Diagramme 71: Variation des globules rouges en fonction du système d'élevage.....	92
Diagramme 72: Variation de l'hémoglobine en fonction du système d'élevage.....	92
Diagramme 73: Variation de l'hématocrite en fonction du système d'élevage.....	92
Diagramme 74: Variation des plaquettes en fonction du système d'élevage.....	92
Diagramme 75: Variation du volume globulaire moyen en hémoglobine en fonction du système d'élevage	93
Diagramme 76: Variation de la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine en fonction du système d'élevage.....	93
Diagramme 77: Variation de la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine en fonction du système d'élevage	93
Diagramme 78: Variation des globules blancs en fonction du système d'élevage	94
Diagramme 79: Variation des lymphocytes en fonction du système d'élevage	94
Diagramme 80: Variation des monocytes en fonction du système d'élevage.....	94
Diagramme 81: Variation des neutrophiles en fonction du système d'élevage	94
Diagramme 82: Variation des éosinophiles en fonction du système d'élevage.....	94
Diagramme 83: Variation des basophiles en fonction du système d'élevage.....	94

LISTE DES ABREVIATIONS

%	Pourcentage
ç	Cellule
°C	Degré Celsius
µL	Microlitre
µm	Micromètre
ABO	Système de groupage sanguin
abs	Absolute
ADH	Antidiuretic Hormon, vasopressine
ANOVA	Analyse de la variance
ATP	Adénosine tri-phosphate
B6, B9 et B12	Vitamines : pyridoxine, acide folique et cobalamine
BASO	Basophiles
BVD	Diarrhée virale bovine
C	Vitamine C ou acide ascorbique
Ca	Calcium
CCMH	Concentration corpusculaire moyenne ne hémoglobine
CIVD	Coagulation intra-vasculaire disséminée
Cl	Chlore
CO₂	Dioxyde de carbon
D	Vitamine D ou calciférole
DDL	Degré de liberté
ddp	Différences de potentiel
dL	Décilitre
E	Est
EC-T	Ecart-type
EDTA	Éthyle diamine tétra acétate
EOS	Eosinophiles
EPO	Erythropoïétine
F	Valeur de Fischer
Fe	Molécule de fer
fL	Femtolitre
FNS	Formule de numération sanguine
g	Gramme
GB	Globule blanc ou leucocyte
GPS	Global positioning system
GR	Globule rouge ou hématie
ha	Hectare
Hb	Hémoglobine
HCl	Acide chloridrique
HCO³⁻	Bicarbonate
HCT	Hematocrit
HGB	Haemoglobin
Ht	Hématocrite

K	Potassium
KCN	Cyanure de potassium
Kg	Kilogramme
km	Kilomètres
L	Litre
LYM	Lymphocytes
m	Mètre
MADR	Ministère de l'agriculture et du développement rural
MCH	Mean corpuscular haemoglobin
MCHC	Mean corpuscular haemoglobin concentration
MCV	Mean corpuscular volum
mg	Milligramme
MGG	May Grunwald Giemsa
mL	Millilitre
mm	Millimètre
mmol	Millimole
MON, MONO	Monocytes
MOY	Moyenne
N	Nord
N°	Numéro
Na	Sodium
NADH H⁺	Nicotinamide adénine dinuclotide
NEU	Neutrophiles
NS	Non significatif
O₂	Oxyde de carbone
OPTMQ	Ordre professionnel des technologistes médicaux du Quebec
P	Phosphore, probabilité
pg	Picogramme
pH	Potentiel hydrogène
PLA	Plaquettes
PLT	Platelets
PTH	Parathormone
RBC	Red blood cells
S	Significatif
TGMH	Teneur globulaire moyenne en hémoglobine
TPC ou PLT	Total platelet count
Val	Valeur
VGM	Volume globulaire moyen
WBC	White blood cells
α	Alpha
β	Beta
γ	Gamma

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Depuis les années soixante, les productions animales sont en nette croissance, faisant face à la forte demande mondiale. Cette augmentation est toutefois inégale selon les espèces et les filières. La production mondiale de viande bovine a doublé en 50 ans, celle du lait a progressé de 80 %. La Chine, le Brésil et l'Inde sont aujourd'hui les trois pays dominant le marché mondial des productions animales, du point de vue volume et croissance de production, **(ANONYME 1)**.

Selon le ministère de l'agriculture et du développement rural en Algérie, et au cours de cette dernière décennie (2010-2017), la population bovine représente environ 6% de l'effectif global du cheptel animal, hormis les productions avicoles. Ceci est représenté par 1,9 millions de têtes dont 52% sont des vaches laitières, **(ANONYME 2)**. Il existe en Algérie trois systèmes d'élevage : extensif, semi intensif et intensif. Le premier système à lui seul couvre 40 % de la production laitière et 78 % de la production en viande du pays, **(GUERRA, 2008 ; YAKHLEF, 1989 ; NADJRAOUI, 2006)**.

Les élevages bovins, ovins, et a moindre degré les élevages caprins et camelins sont la principale source de production de viande rouge en Algérie. Il existe une sorte de concurrence entre les deux premiers, **(GREDAAL cité par GUERRA, 2008)**. Pour ce qui est de la production laitière, les pouvoirs publics essayent d'améliorer différents programmes de développement du secteur, **(DJELLAL *et al*, 2008)**. Elle est assurée à 80 % par le cheptel bovin, le reste par le cheptel ovin et caprin, mais se limitant majoritairement plus à l'autoconsommation, **(CHERFAOUI et FERRAH cités par GUERRA, 2008)**.

Les ressources fourragères en Algérie sont très insuffisantes. Elles sont composées principalement de chaumes de céréales (orge, avoine et seigle), de végétation des jachères pâturées, des parcours steppiques, de forêts, de maquis et d'un peu de fourrages cultivés, **(HAMADACHE cité par GUERRA, 2008)**. L'Algérie a une importante richesse en ressources phytogénétiques (Agrumes, céréales, oliviers, dattes, cultures maraichères et fourrages), et cela grâce à sa situation géographique et à sa diversité pédoclimatique (les zones côtières, les zones de plaines, les zones de montagne, les zones steppiques et les zones Sahariennes), **(INRAA, 2006)**. Ces ressources pouvant varier au cours d'une même année en fonction des saisons, représentent la principale ration alimentaire des différents élevages.

L'influence des différents facteurs intrinsèques et extrinsèques sur les paramètres sanguins a été rapportée par plusieurs travaux. Une étude menée par **AENGWANICH (2002)** sur des Holstein-Frisonne croisées dans le nord-est de la Thaïlande, a montré que certains paramètres de la lignée rouge, diffèrent significativement en fonction de l'âge. Il en est de même pour les travaux d'**AENGWANICH et al (2009)** et de **CASELLA et al (2013)** concernant l'effet saison. **SATTAR et MIRZA (2002)** ont abordé des études sur les variations hématologiques liés aux stades physiologiques (gestation, lactation). **BRUN-HANSEN et al (2006)** ont travaillé sur des veaux au cours de leurs six premiers mois de vie, et ont constaté qu'il est nécessaire d'établir des intervalles de références spécifiques à cette catégorie d'âge. **MIRZADEH et al (2009)** ont mené une étude sur l'influence de plusieurs facteurs intrinsèques et extrinsèques, dont l'âge, la race, le sexe, le stade physiologique et la saison sur l'hématologie des bovins en Iran, et pour lesquels ils ont constaté l'existence d'influences significatives.

Il apparait clairement selon ce qui vient d'être décrit, que les différents auteurs donnent différentes interprétations aux variables produites au niveau des données hématologiques.

Objectifs et buts de l'étude

Sur le plan expérimental, rares sont les travaux de recherche qui ont été engagés en Algérie sur l'étude de l'influence des facteurs intrinsèques et extrinsèques sur les paramètres hématologiques de la vache laitière à notre connaissance. De ce fait, nos vétérinaires praticiens ne disposent pas de valeurs usuelles dans le domaine de l'hématologie pour étayer leur diagnostic.

Pour cela, nous avons jugé utile d'aborder les variations de certains paramètres hématologiques en relation avec plusieurs facteurs (âge, race, sexe, stade physiologique, saison et système d'élevage). Ce travail permettra de dépister tout désordre avant que ne s'installent des signes cliniques souvent préjudiciables à l'animal et à son rendement.

Pour l'impact de ce travail, nous estimons que celui-ci apportera sur le plan pratique des données supplémentaires telles que :

- 1- Les variations des données hématologiques chez la vache laitière en Algérie, compte tenu du contexte local.
- 2- L'utilité certaine des résultats obtenus pour tout professionnel intéressé par la question (vétérinaires, éleveurs, physiologistes, biologistes, ...), en ciblant tout particulièrement le vétérinaire praticien qui pourra utiliser les valeurs obtenues comme données sanguines usuelles.
- 3- La complémentarité entre données récoltées lors de l'anamnèse, examen clinique de l'animal, et tests biologiques pour établir un diagnostic.

Notre travail consistera en deux parties principales :

1. Une étude bibliographique composée de trois chapitres, à travers lesquels seront rapportés des données générales aussi bien physiologiques, morphologiques et exploratoires, sur les différents paramètres hématologiques et ioniques et les facteurs pouvant influencer sur leurs variations tant physiologiques que pathologiques. Cela sera argumenté par les différents travaux réalisés sur ces questions.

2. Une étude expérimentale qui sera répartie en trois chapitres :

- Un chapitre présentera le protocole expérimental adopté dans notre approche de recherche (zones d'études, matériels et méthodes).
- Un deuxième chapitre rapportera les résultats obtenus sous différentes formes et présentations ainsi que leurs interprétations.
- Enfin, un dernier chapitre abordera la discussion des résultats obtenus avec des arguments statistiques et étayé par des travaux antérieurs réalisés de par le monde.

Première partie

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I

Connaissances générales sur l'hématologie chez les bovins

1. Paramètres hématologiques de la lignée rouge

1.1. Globules rouges (hématies ou érythrocytes)

1.1.1. Définition et structure

Les globules rouges appelées aussi érythrocytes ou hématies, sont les cellules sanguines de la lignée rouge, anucléées, en forme de disques arrondis et biconcave, (**DOMART et BOURNEUF, 1984**). Ce sont des cellules épaisses sur les bords et fines au centre, ressemblant à des beignets, (**WIDMAIR *et al*, 2013**). Elles sont élastiques et déformables pouvant facilement traverser les capillaires les plus étroits, (**KOLB, 1974**).

La membrane de l'érythrocyte est une membrane classique, constituée d'une bicouche lipidique, incrustée de protéines (transporteurs d'ions, récepteurs, fonction antigénique). Le squelette membranaire érythrocytaire qui est formé d'un réseau de protéines tapissant la face interne de la membrane de l'hématie, a comme composant principal : la spectrine. Ce réseau est responsable des propriétés mécaniques de cette cellule (déformabilité, élasticité), (**AGUILAR-MARTINEZ, 2007**).

Chez quelques espèces tels que les oiseaux et certains vertébrés inférieurs, les érythrocytes sont nucléés. **KOLB (1974)** rapporte que chez les volailles, ces cellules sont ovalaires et biconvexes. Les camélidés sont l'exception des mammifères, ils possèdent des érythrocytes ovoïdes et aplatis, (**HARVEY et HAWKEY et DENNETT cités par DIDOU, 2014**).

Chez le cheval, le chat et le porc, les globules rouges ont la capacité de se regrouper en «rouleaux» collés les uns aux autres par leurs faces biconcaves, donnant l'aspect d'un chapelet ou colonne, (**DIDOU, 2014**). La membrane cytoplasmique de l'hématie a la même structure qu'une membrane cellulaire classique. Des glycoprotéines sont insérées à travers la bicouche lipidique essentiellement constitués de phospholipides. Ces glycoprotéines ont des fonctions diverses (transporteurs d'ions, récepteurs membranaires). Une partie de ces protéines peut avoir des propriétés antigéniques du globule rouge comme dans le système ABO.

Comme chez plusieurs mammifères, les hématies des bovins portent des antigènes de nature glucidique ou protéique, codés par différents gènes, variant d'un individu à un autre dans

une même espèce et déterminant ainsi 11 systèmes de groupes sanguins chez les bovins (A,B,C,F,J,L,M,S,Z,R',T'). Certains de ces derniers sont codés par un seul gène, d'autres par une combinaison, ce qui détermine de véritables systèmes génétiques très polymorphes. On cite comme exemple : le système B peut être codé par jusqu'à 800 combinaisons. Un bovin peut avoir naturellement dans son sérum des anticorps dirigés contre un antigène qu'il ne possède pas, même sans contact préalable avec ce dernier. Ces anticorps sont hémolysants pour les hématies portant les antigènes contre lesquels ils sont dirigés.

Contrairement à l'homme, les bovins n'ont que le système J qui est caractérisé par la présence d'anticorps naturels, et se rapproche ainsi des systèmes A, B, O de l'homme. Un bovin ne possédant pas le système J aura donc des anticorps hémolysants anti-J naturels dans son sérum. Ces anticorps anti-J semblent présents en plus grande quantité dans le sérum des animaux au pâturage. Les autres systèmes sanguins dont les anticorps naturels sont absents, s'apparentent plus au système Rhésus de l'homme selon plusieurs auteurs cités par **DRIEU (2009) et HUBANS-BELKILANI (2001)**.

1.1.2. Physiologie et fonction

Les érythrocytes sont très riches en hémoglobine, structure fixant réversiblement à l'aide des atomes de fer, l'oxygène (O₂) et le dioxyde de carbone (CO₂). Les membranes de ces cellules sont généralement composées de différentes structures telles que les lipides (40%), les protéines (52%) et les glucides (8%). Aussi, on rajoute à leurs constitutions d'autres substances particulières dont des polysaccharides et des protéines spécifiques différentes d'un individu à un autre, permettant de distinguer les différents groupes sanguins, (**ANONYME 3**).

Lorsque les globules rouges perdent leurs contenus enzymatiques, leurs membranes s'altèrent progressivement, c'est le vieillissement. Les cellules arrivées au terme de leur vie sont porteuses d'anomalies de structure et de morphologie. Elles sont par la suite phagocytées dans le système réticulo-endothélial (phagocytaire mononuclée) par érythrolyse. Elles seront détruites principalement au niveau de la moelle osseuse (50% des hématies y sont détruites par le système des phagocytes mononuclées). Le reste est détruit au niveau du foie et de la rate, (**AGUILAR-MARTINEZ, 2007**).

Les hématies transportent principalement l'oxygène capté par les poumons, et éliminent le dioxyde de carbone produit par les cellules des différents tissus, (**WIDMAIR et al, 2013**). Ces échanges gazeux sont facilités par leur forme ronde biconcave par augmentation du rapport surface/volume, (**PAROT, 2011**). Elles participent également à la régulation du pH sanguin dont la valeur chez les bovins se situe entre 7,35 et 7,50 (**KOLB, 1974**).

Pour assurer sa fonction, le globule rouge ne doit pas s'hyper-hydrater, aussi ses constituants ne doivent pas s'oxyder. La glycolyse assure entièrement l'énergie nécessaire à sa fonction, **(DUFFER, 1981)**. Il s'agit essentiellement de la glycolyse anaérobie (voie d'Embden-Meyerhof). Cette voie glycolytique qui transforme une molécule de glucose en lactate fait intervenir plusieurs enzymes, générant par la suite des molécules énergétiques qui sont l'ATP et le $\text{NADH}+\text{H}^+$, **(AGUILAR-MARTINEZ, 2007)**.

1.1.3. Régulation

La formation des érythrocytes s'appelle « **érythropoïèse** », elle a lieu dans la moelle osseuse. Elle se fait en deux étapes :

➤ Erythropoïèse embryonnaire : Dans les premiers stades de la vie embryonnaire, l'érythropoïèse s'effectue au niveau des vaisseaux de la vésicule vitelline, les érythrocytes possèdent le noyau ainsi que l'hémoglobine. Commencera par la suite la production d'érythrocytes anucléés au niveau du foie. Au 3^{ème} mois de la vie fœtale, l'activité érythroformatrice augmente de plus en plus, l'érythropoïèse devient exclusive au niveau de la moelle osseuse après la naissance, **(KOLB, 1974)**.

➤ Erythropoïèse post-partum : La formation de l'érythrocyte mature (globule rouge) est le dernier stade de l'érythropoïèse, connaissant plusieurs stades successifs précédents :

- proérythroblaste
- érythroblaste basophile
- érythroblaste polychromatophile
- érythroblaste acidophile

L'érythroblaste va évoluer par divisions successives puis expulsion du noyau, aboutissant en 5 à 6 jours au réticulocyte (érythrocyte immature). Ce réticulocyte passe dans la circulation sanguine ou il se transforme en 2 jours en érythrocyte mature qui va se spécialiser dans la synthèse de l'hémoglobine, **(DUFFER, 1981)**. Les réticulocytes peuvent être présents dans la circulation des carnivores (chiens et chats), (1 à 2%). Contrairement aux bovins, ces cellules ne doivent pas être présentes physiologiquement, les seuls à rejoindre la circulation sont les érythrocytes matures, **(BELLIER et CORDONNIER, 2010)**.

La présence permanente du fer et de certaines vitamines comme la vitamine B6, B9, B12 et C est essentielle pour ce phénomène d'érythropoïèse, **(DOMART et BOURNEUF, 1984)**. Certains oligo-éléments tels que le cuivre, le manganèse et le cobalt sont nécessaires aussi afin d'éviter des troubles et des anémies, **(KOLB, 1974)**.

On appelle les érythrocytes jeunes : réticulocytes. Ces derniers contiennent encore quelques ribosomes. Lors d'une production érythrocytaire inhabituellement rapide, ils peuvent se trouver dans le sang, (**WIDMAIR *et al*, 2013**). Chez les Mammifères, ils sont synthétisés à 2,5 milliards d'érythrocytes / kilogramme / jour. Cette synthèse est continue et permanente tout au long de la vie de l'animal, (**CORDONNIER et FONTAINE cités par PAROT, 2011**). La durée de vie des hématies varie d'une espèce à l'autre. Elle est relativement longue chez l'espèce bovine, (d'environ 130 à 160 jours chez l'adulte, et de 70 à 130 jours chez le jeune).

L'érythropoïétine (EPO), une hormone sécrétée par les reins agit sur les cellules souches lors d'hypoxie afin d'accélérer le processus pour répondre aux besoins. Les glucocorticoïdes également sont des accélérateurs de l'érythropoïèse par leur action sur les érythroblastes, d'après plusieurs auteurs cités par **DRIEU (2009)**.

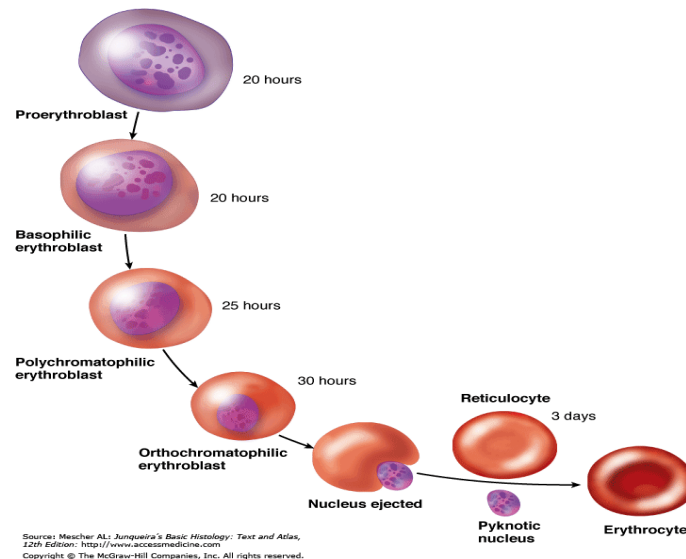


Figure 01 : Schéma de l'érythropoïèse (**ANONYME 4**)

➤ L'« **érythrolyse** » est le processus physiologique de destruction des globules rouges en fin de vie. Chez l'adulte, ce processus se fait exclusivement au niveau de la moelle osseuse par le biais des cellules réticulaires macrophagiques. Une petite partie est intravasculaire entraînant la libération de l'hémoglobine qui va être fixée à une protéine plasmatique formant un complexe (hémoglobine-haptoglobine), et catabolisée par la suite dans le foie. Dans les cas pathologiques, cette érythrolyse se déroule non seulement dans la moelle osseuse, mais aussi dans la rate et le foie. Elle peut être aussi intravasculaire entraînant par la suite une hémoglobinémie due au dépassement de la capacité de fixation de cette molécule par

l'haptoglobine, et donc sa présence en excès dans le sang, **(CORDONNIER et FONTAINE cités par DRIEU, 2009)**.

Dans certains cas pathologiques tel qu'une hémolyse excessive, une atteinte hépatique ou une obstruction des voies biliaires comme dans certains cas parasitaires, il en résulte une accumulation de la bilirubine dans les tissus donnant une couleur à ces derniers (ictère). D'autre part, lorsque l'hémoglobinurie apparaît, cela indique une hémolyse importante qui provoque une élimination directe de l'hémoglobine dans les urines. Une hémoglobinurie est donc différente d'une hématurie. Cette dernière indique la présence d'hématies dans l'urine ; ces deux signes cliniques signifient un trouble hématologique, **(DRIEU, 2009)**.

Le volume sanguin est représenté par la quantité du sang circulant ainsi que celle du sang mis en réserve dans différents organes. Ce volume est facilement influencé par certains facteurs qui sont l'âge (chez les sujets jeunes, le volume est plus faible), l'état d'entretien (un animal d'engraissement présente un volume sanguin relativement plus faible par rapport à un animal en entretien normal), l'état physiologique (une femelle en gestation ou en lactation présente un volume plus élevé par rapport à une femelle non gestante), l'effort physique de l'animal (pendant un effort intense, il y a mobilisation des réserves sanguines et par la suite, une augmentation du volume sanguin circulant), **(KOLB, 1974)**. Nous représentons ci-dessous les différentes valeurs du volume sanguin chez l'espèce bovine :

Tableau 01: Volumes sanguins chez les deux classes d'âges des bovins **(KOLB, 1974)**

Espèce		Volume sanguin (mL / Kg de poids vif)
Bœuf		64 - 82
Vaches	Gestante ou en lactation	81
	Non gestante	64 - 67
Veau		58

1.1.4. Valeurs bibliographiques

1.1.4.1. Nombre

Ce comptage érythrocytaire se fait par examen microscopique à l'aide d'une cellule hématimétrique (Malassez, Neubauer ou Thoma), ou par méthode automatique (automates). D'après plusieurs auteurs cités par **DRIEU (2009)**, on parle d'anémie lorsque le nombre est inférieur aux valeurs normales. Au contraire, lorsque le nombre d'hématies augmente, il s'agit

d'une polyglobulie. Les érythrocytes sont estimés chez les bovins de $5 \times 10^6/\mu\text{L}$ à $10 \times 10^6/\mu\text{L}$, **(KRIMER, 2011)**.

1.1.4.2. Taille

Les hématies des bovins ont en moyenne un diamètre de $5,7 \mu\text{m}$ et une épaisseur de $2,2 \mu\text{m}$ **(KOLB, 1974)**. Sous microscope, si les globules rouges possèdent des tailles différentes, on parle d'**anisocytose**. Cette dernière est tout à fait normale chez un bovin si elle est légère et modérée, **(SCHALM et JONES et ALLISON cités par DRIEU, 2009)**.

1.1.4.3. Forme

Les globules rouges peuvent être sujets à plusieurs anomalies :

- Une agglutination des hématies en rouleaux, chose qui est normale chez le cheval et d'autres espèces mais pathologique chez le bovin, indiquant une réponse à une inflammation. Par ailleurs ces chapelets de cellules peuvent apparaître lors d'une mauvaise manipulation des frottis.
- Les hématies peuvent présenter des crénelures (schizocytes et acanthocytes). On peut parler d'artefacts dus à la technique d'étalement du frottis sanguin si la distribution des acanthocytes n'est pas uniforme.
- Les hématies peuvent également présenter des épines (échinocytes), suite à la perte d'eau de la cellule en milieu hypertonique conduisant à une rétraction de cette dernière.
- On observe inversement des cellules gonflées (sphérocytes), due à l'imbibition des cellules par l'eau dans un milieu hypotonique, prenant un aspect sphérique. Si la cellule est en même temps de petite taille, on a un microsphérocyte.
- On peut voir aussi des hématies en forme de larmes (dacryocytes).
- Enfin on peut avoir des hématies en formes spécifiques, déchiquetées, « chapeau de gendarme », en triangles...c'est des schizocytes, ces fragments sont dus à des hématies qui ont subies des chocs mécaniques (coupures, ...). On observe les schizocytes dans les anémies hémolytiques.
- Lorsqu'un frottis montre de nombreuses formes différentes de cellules, on parle de poïkilocytose. Si les hématies sont de forme et de taille variées, c'est une aniso-poïkilocytose. Toutes ces variables ont été rapportées par plusieurs auteurs cités par **DRIEU (2009)**.

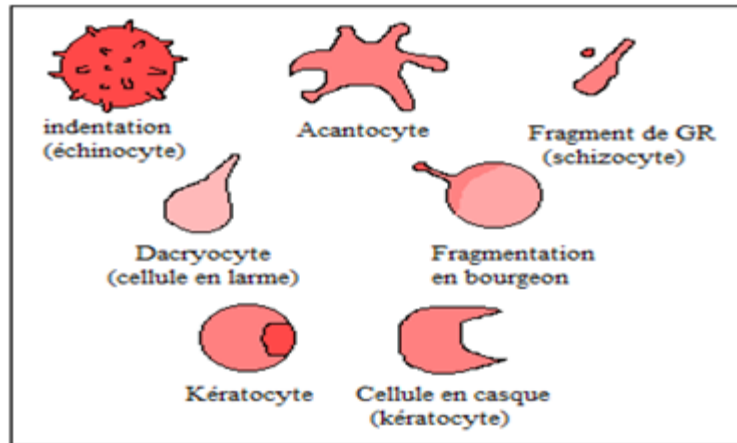


Figure 02: Quelques anomalies de formes des globules rouges
(TVEDTEN, 1993 a, modifié)

1.2. Hémoglobine

1.2.1. Définition

Appelée aussi chromoprotéine, c'est une protéine complexe (ou hétéroprotéine), représentant le pigment respiratoire des globules rouges (**DOMART et BOURNEUF, 1984**). Elle permet la fixation de l'O₂ en formant une combinaison facilement dissociable, (**WEIL et BOULANGER, 2005**).

La présence de l'hémoglobine à l'intérieur de la cellule est une sorte de protection lui permettant d'avoir une demi-vie plus prolongée par rapport à une circulation libre dans le torrent sanguin. D'autre part, elle a une structure basique qui attire l'éosine donnant une coloration rouge-rosâtre aux érythrocytes, (**HARVEY et STOCKHAM et SCOTT cités par MAXIMIN, 2010**). **WEIL et BOULANGER (2005)** expliquent l'existence de plusieurs types d'hémoglobines à différentes structures et qui varient :

- En fonction de l'espèce animale ; les différences de structure sont légères au niveau des hémoglobines prélevées chez diverses espèces animales.
- Chez une même espèce, en fonction de l'âge: l'hémoglobine adulte est différente de l'hémoglobine fœtale. Cette dernière comprends deux sous unités α , et deux sous unités γ au lieu de β , et disparaît par la suite à l'âge adulte, (**ANONYME 5**).
- Chez une même espèce animale : hémoglobine normale ou pathologique.
- Chez un même individu, en fonction du tissu: à titre d'exemple la myoglobine (ou hémoglobine musculaire) et l'hémoglobine sanguine.

On trouve deux types d'hémoglobine chez un bovin adulte :

- HbA
- HbB
- HbE (Hémoglobine embryonnaire)
- HbFs (Hémoglobine fœtale)

Pendant la vie intra-utérine du veau, l'hémoglobine embryonnaire va être remplacée petit à petit par l'hémoglobine fœtale qui à son tour sera encore remplacée par une des hémoglobines adultes. Ce remplacement commence juste avant la naissance du veau et continue dans les semaines qui suivent, **(KRAMER cité par MAXIMIN, 2010)**.

1.2.2. Structure

Elle est constituée de deux éléments principaux d'où son nom :

- Un noyau central ou groupement prosthétique «l'hème» à 4 % portant un atome de fer.
- Un chromoprotéide formé d'une fraction protéique «la globine » à 96 %.

Ces deux éléments se lient par l'intermédiaire d'une valence d'atome de fer centrale et de l'histidine de la globine. L'hème contient du fer divalent et peut fixer l'oxygène d'une façon réversible. Ce groupement prosthétique est toujours le même chez les différentes espèces contrairement à la fraction protéique qui diffère d'une espèce à une autre, **(KOLB, 1974)**. L'hème comporte une molécule de protoporphyrine et un atome de fer, **(WEIL et BOULANGER, 2005)**. Il existe 3 types d'hème comme le montre la figure ci-dessous :

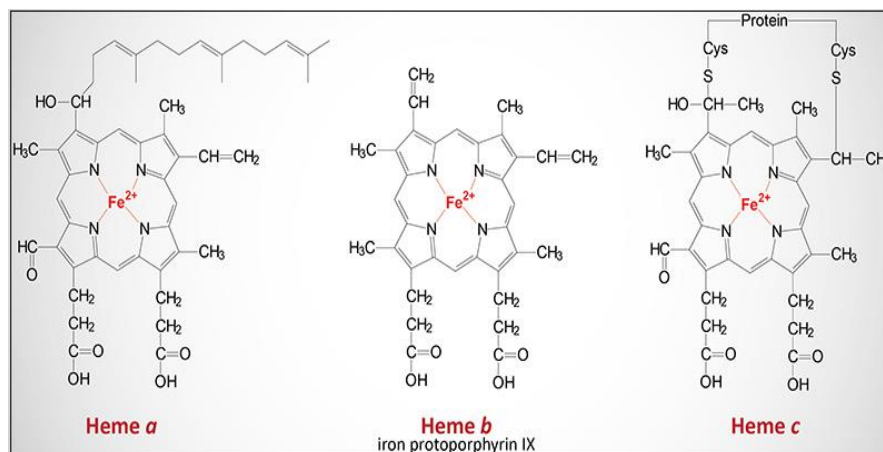


Figure 03: Structures des 3 types d'hème (ANONYME 6)

La globine est formée de 4 chaînes polypeptidiques identiques deux à deux (alpha, bêta, gamma ...), **(DUFFER, 1981)**. Elle est obtenue facilement en traitant l'hémoglobine par

l'acétone contenant 5 % d'HCl. On appelle le résultat de cette manipulation une globine précipitée. Cette protéine est la partie spécifique qui varie en fonction de l'âge, l'espèce, et dans certaines maladies, **(WEIL et BOULANGER, 2005)**.

1.2.3. Synthèse des chaînes de globine :

➤ Les chaînes de globine normales

La synthèse de ces protéines est liée à des gènes regroupés en deux familles:

Les gènes de type α (chromosome 16) et les gènes de type β (chromosome 11). La structure des gènes de globine est très homologue. Il peut y arriver au niveau de ces gènes des anomalies moléculaires dont deux catégories :

- Quantitatives : de la synthèse des chaînes de globine, appelées thalassémies.
- Qualitatives : de l'hémoglobine où la protéine codée a une structure anormale, **(AGUILAR-MARTINEZ, 2007)**.

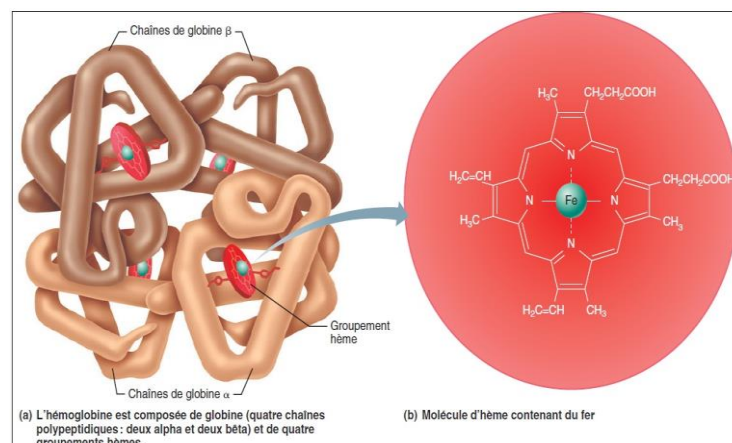


Figure 04: Structure de l'hémoglobine (ANONYME 7)

1.2.4. Fonction

L'hémoglobine a deux principales fonctions:

- Transport de l'oxygène des poumons aux tissus. Une seule molécule d'hémoglobine peut fixer 4 molécules d'oxygène (O_2) sur le fer donnant l'oxyhémoglobine. Comme le précise **KOLB (1974)**, presque la totalité de l'hémoglobine (96 % - 98 %) est présente sous cette forme au niveau du poumon. Cette capacité de fixation puis de libération d'oxygène est liée à l'affinité de l'hémoglobine pour cet élément.

- Transport du gaz carbonique. Ce dernier est fixé sur les groupements aminés latéraux de la globine, ce complexe est nommé carhémoglobine. 30 % à 40 % environ de ce gaz produit par l'organisme sont transportés sous cette forme, **(DUFFER, 1981)**.

1.2.5. Régulation

Les globules rouges de la moelle osseuse sont le siège de la synthèse de l'hémoglobine grâce à toute une série d'enzymes, **(KOLB, 1974)**. Cette molécule est produite plus précisément dans les cellules érythroblastiques puis dans les réticulocytes, **(DUFFER, 1981)**. Les éléments nécessaires à la synthèse de l'Hb sont nombreux, dont les acides aminés qui sont nécessaires à la synthèse des chaînes de globine.

Une carence protéique, peut entraîner une anémie. Une carence vitaminique comme par exemple en pyridoxine (vit B6) intervenant dans la synthèse de l'hème entraîne également une anémie par insuffisance de l'hémoglobinosynthèse avec augmentation des sidéroblastes (anémie sidéroblastique). Une carence en fer est responsable d'un défaut de synthèse de l'hémoglobine. Cet élément essentiel est le plus abondant dans l'organisme, il peut entrainer par carence une anémie dite hypochrome ou sidéropénique (les globules rouges sont peu colorés parce que le cytoplasme est pauvre en hémoglobine), c'est la cause d'anémie la plus fréquente.

A la mort de l'érythrocyte, l'hémoglobine passe dans le foie et est transformée en bilirubine pour être éliminée, **(DOMART et BOURNEUF, 1984)**. La figure ci-dessous, montre les différentes étapes par lesquelles passe cette molécule :

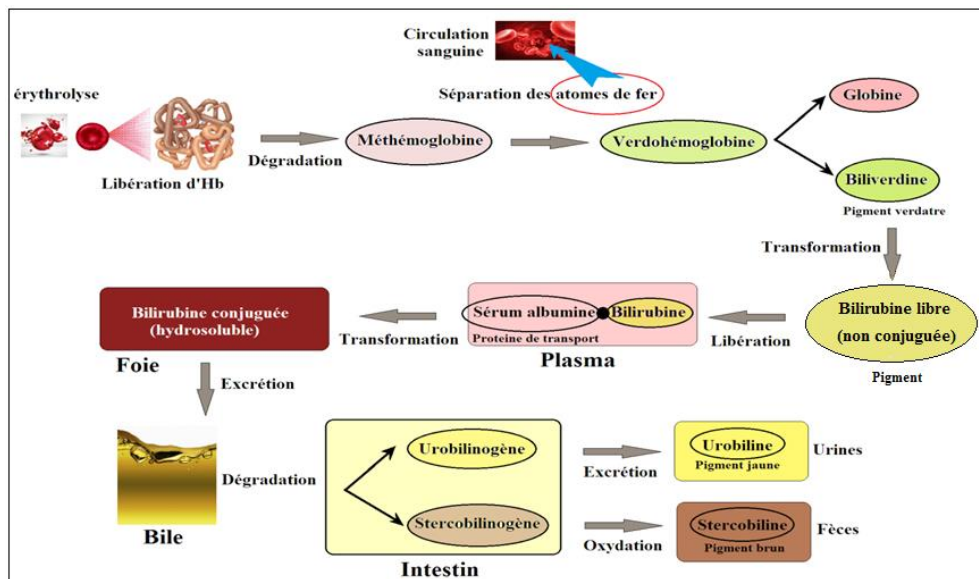


Figure 05: Les étapes de régulation de l'hémoglobine, schéma personnel inspiré de **CORDONNIER et FONTAINE et SCHALM cités par DRIEU (2009)**

Comme expliquent **BERNARD *et al* (1981)**, après dégradation de l'hématie par le macrophage, le fer est libéré pour être réutilisé dans l'hématopoïèse. La globine est dégradée en acide aminés sans destination particulière. Le noyau tétrapyrrolique de l'hème est transformé dans le macrophage en une série de pigments sous l'effet de plusieurs enzymes spécifiques, pour enfin être libéré dans le plasma sous forme de bilirubine libre (non conjuguée). Cette dernière se fixe à l'albumine (protéine plasmatique), et se dirige vers les cellules hépatiques.

Dans l'hépatocyte, une enzyme (glycorunyl-transférase) transforme la bilirubine non conjuguée en bilirubine conjuguée hydrosoluble, qui va être excrétée dans la bile et éliminée dans les selles sous forme de stercobiline. Au niveau intestinal, il existe un certain degré de réabsorption des pigments biliaires qui vont être éliminés dans les urines sous forme d'urobiline.

1.2.6. Valeurs bibliographiques

L'hémoglobine chez le bovin est comprise entre 8 g/dL et 15 g/dL à l'état normal, **(KRIMER, 2011)**.

1.3. Hématocrite

1.3.1. Définition

Exprimé en (%), c'est le volume occupé par les globules rouges par rapport au volume du sang total. Elle diminue lors des hémorragies et des anémies, et augmente lors de polyglobulies, **(DOMART et BOURNEUF, 1984)**. Le sang prélevé sur anticoagulant (généralement EDTA) est mis dans des micro-capillaires, puis centrifugé à 13000 tours/minutes pendant 10 minutes. A l'aide d'une règle graduée pour hématocrite (Graduations en %), on obtient la valeur de l'hématocrite en déterminant la longueur occupée par les érythrocytes par rapport à la longueur totale du micro-capillaire, (Ce dernier contient en allant du fond vers le haut : une colonne d'hématies, un petit disque blanchâtre des leucocytes et le surnageant plasmatique, **(LOUISOT, 1980)**. Actuellement, plusieurs appareils permettent une lecture automatique de ce paramètre, **(BELLIER, 2004)**.

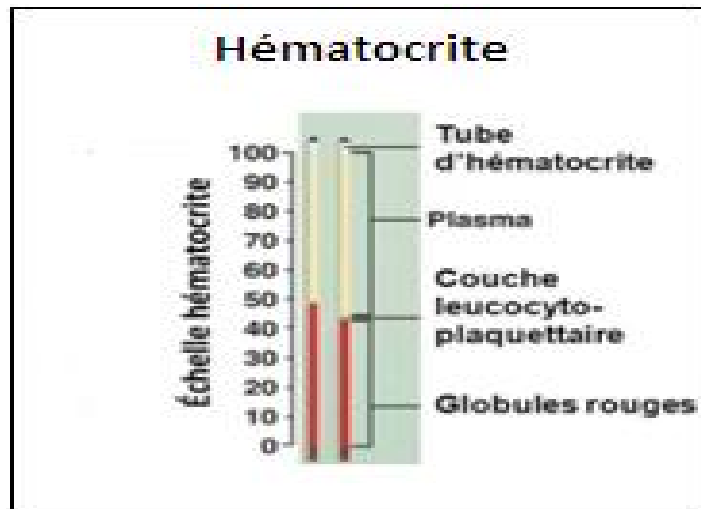


Figure 06: Tube capillaire pour hématocrite, (modifié) (ANONYME 8)

1.3.2. Valeurs bibliographiques

L'hématocrite chez le bovin varie entre 24 % et 46 %, (KRIMER, 2011).

1.4. Volume globulaire moyen

1.4.1. Définition

Exprimé en femtolitres (fL ou 10^{-15} L, ou encore en μm^3) ; le volume globulaire moyen (VGM) ou appelé aussi MCV (Mean Corpuscular Volume), est le rapport entre les valeurs respectives de l'hématocrite et celles du nombre d'hématies par litre de sang.

$$\text{VGM (fL)} = \text{Ht (\%)} \times 10 / \text{nombre d'hématies (millions}/\mu\text{L)}$$

Ce paramètre est utile pour déterminer les types d'anémies liées à la taille, (STOCKHAM et SCOTT cités par MAXIMIN, 2010).

1.4.2. Valeurs bibliographiques

Un VGM normal chez le bovin varie de $40 \mu\text{m}^3$ jusqu'à $60 \mu\text{m}^3$. C'est à partir de ce paramètre qu'on parle d'une population érythrocytaire normochrome (VGM normal), une population microcytaire (VGM inférieur à la normale), une population macrocytaire (VGM supérieur à la normale) et une population mégalo-cytaire ou macrocytaire (VGM très supérieur à la normale), (KRIMER, 2011).

1.5. Concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine

1.5.1. Définition

Nommée aussi concentration globulaire moyenne en hémoglobine. Elle est exprimée en (g/l, ou en g/dL). C'est le rapport entre les valeurs respectives de l'hémoglobine et celles de l'hématocrite. Sa valeur est constante chez toutes les espèces, **(BELLIER, 2004)**.

$$\text{CCMH (g/dL)} = \text{Hb (g/dL)} \times 100 / \text{Ht (\%)}$$

1.5.2. Valeurs bibliographiques

La CCMH chez un bovin adulte est comprise entre 30 et 36 g/dL, **(KRIMER, 2011)**.

1.6. Teneur globulaire moyenne en hémoglobine

1.6.1. Définition

Nommée également teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine. Elle est exprimée en Picogramme (10^{-12} g), **(BELLIER, 2004)**. C'est le rapport entre les valeurs respectives de l'hémoglobine et celles du nombre d'hématies / litre de sang, c'est-à-dire qu'elle correspond au poids moyen d'hémoglobine contenu dans une hématie, **(BROCKUS, 2011 ; ANONYME 9)**.

$$\text{TGMH (pg)} = \text{Hb (g/dL)} \times 10 / \text{nombre d'hématies (millions/}\mu\text{L)}$$

L'ensemble (CCMH et TGMH) nous permet de classer la population des globules rouges en normochrome, lorsqu'il est compris dans une fourchette normale pour l'espèce considérée, hypochrome lorsqu'il est inférieur à la normale, **(BELLIER, 2004)**.

1.6.2. Valeurs bibliographiques

Un bovin adulte a une TGMH qui est comprise entre 11 et 17 pg, **(KRIMER cité par WEBB et LATIMER, 2011)**.

1.7. Plaquettes (ou thrombocytes)

1.7.1. Définition et structure

Les plaquettes sont des fragments cellulaires, de forme ovale, fusiforme de 2 à 4 μm , avec souvent des excroissances en pseudopodes, (**KOLB, 1974**).

1.7.2. Fonction

Les plaquettes jouent un rôle important dans la coagulation (hémostase) grâce à la thrombokinas. En effet, cette enzyme déclenche le mécanisme de coagulation. Lorsque les plaies et les blessures des vaisseaux sont petites, les plaquettes peuvent colmater l'ouverture par leur agglutination en amas sans déclenchement du processus de coagulation, (**KOLB, 1974**).

1.7.3. Régulation

Les plaquettes sont produites au niveau de la moelle osseuse, c'est le phénomène de thrombopoïèse. Leur formation est estimée chez les mammifères à 2,5 milliards de plaquettes / kg de poids / jour, (**CORDONNIER et FONTAINE cités par PAROT, 2011**).

Selon **KOLB (1974)**, ces éléments ont une durée de vie très courte d'environ 3 à 5 jours, pour être détruits après dans la rate par le système réticulo-endothélial. **DELDAR cité par PAROT (2011)** estime une durée de vie plus prolongée allant de 9 à 12 jours.

1.7.4. Valeurs bibliographiques

Le nombre de plaquettes est compris entre $100 \times 10^3/\mu\text{L}$ à $800 \times 10^3/\mu\text{L}$, en plus faible quantité chez les nouveau-nés, (**KRIMER, 2011**).

Nous présentons ci-dessous un tableau regroupant toutes les valeurs étudiées de la lignée rouge :

Tableau 02: Récapitulatif des intervalles de variations des paramètres de la lignée rouge chez l'espèce bovine, (**KRIMER, 2011**).

Paramètres	Intervalles de variation
GR ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	5 – 10
Hb (g/dL)	8 – 15
Ht (%)	24 – 46
VGM (μm^3) ou (fL)	40 - 60
CCMH (g/dL)	30 - 36
TGMH (pg)	11 - 17
PLA ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	100 - 800

2. Paramètres hématologiques de la lignée blanche

2.1. Globules blancs (ou leucocytes)

2.1.1. Définition

Les globules blancs appelées aussi leucocytes, sont les cellules de défense et de protection importantes pour l'organisme, **(KOLB, 1974)**. Selon **DOMART et BOURNEUF (1985)**, ces cellules sont nucléées, réparties sur trois grandes classes : polynucléaires, monocytes et lymphocytes.

2.1.2. Régulation

La leucopoïèse, phénomène de formation des leucocytes qui se déroule au niveau de la moelle osseuse pour les polynucléaires (1^{ère} classe), tout comme les érythrocytes à partir de l'hémocytoblaste, en passant par les étapes suivantes :

- Myéloblaste
- Promyélocyte
- Myélocyte
- Métamyélocyte
- Polynucléaire, la seule forme cellulaire qui rejoint la circulation sanguine

En passant par ces différents stades, le cytoplasme du futur polynucléaire se remplit de granulations et le noyau change de forme en donnant une apparence polylobée. Ces inclusions conduisent à la distinction de trois types cellulaires : neutrophile, éosinophile et basophile, **(DOMART et BOURNEUF, 1985)**.

La deuxième classe, représentée par les monocytes, qui ont comme origine les cellules endothéliales du système réticulo-endothélial, et qui se forment en passant par les stades de :

- Monoblastes
- Macrophage, **(KOLB, 1974)**.

La troisième classe définie par les lymphocytes produits au niveau des tissus et organes lymphoïdes en passant par les étapes suivantes :

- Lymphoblaste
- Prolymphocyte
- Lymphocyte (forme finale)

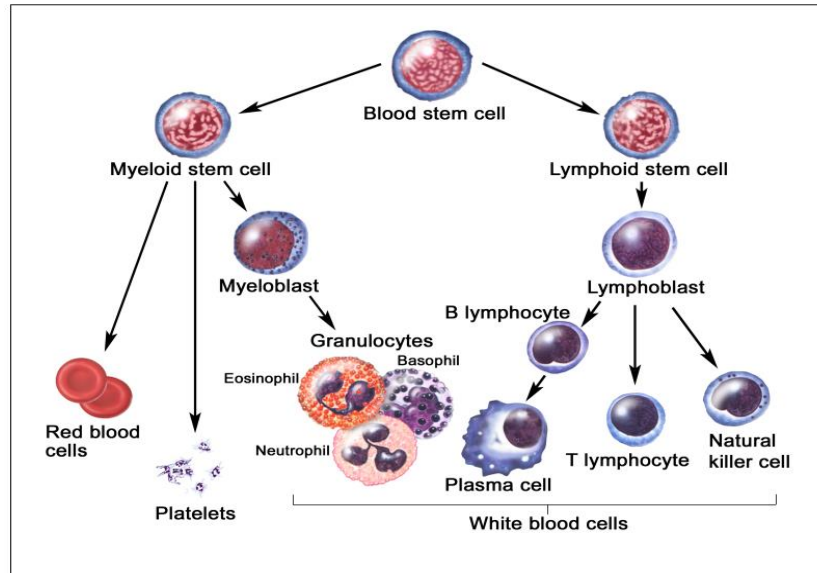


Figure 07: La leucopoïèse (ANONYME 10)

2.1.3. Classes des globules blancs

Les globules blancs (ou leucocytes) sont divisées en trois grandes classes :

- Polynucléaires ou granulocytes

Les cellules de cette catégorie sont divisées en trois types en fonction de leurs affinités tinctoriales variables pour les colorants, ainsi que leurs cytoplasmes ponctués de granulations d'où l'appellation de granulocytes. Contrairement à ce que semble indiquer leur nom, ils n'ont réellement qu'un seul noyau, mais il est polylobé, (**KOLB, 1974 ; DOMART et BOURNEUF, 1985**).

- Neutrophiles

Ceux sont les cellules majoritaires des polynucléaires chez tous les animaux domestiques, (**KOLB, 1974**).

- Morphologie : Le noyau est polymorphe ou profondément encoché. Lorsque le neutrophile est jeune, son noyau se présente en fer à cheval ou en bâtonnets. Lorsqu'il vieillit, son noyau apparait incisé ou divisé en 2 jusqu'à 5 segments ou plus (noyau segmenté). Le diamètre est compris entre 10µm et 15µm en fonction des espèces animales.

- Fonction : La principale fonction des neutrophiles est l'intervention lors de processus inflammatoires. Ils s'accumulent dans les tissus ou siègent ce processus. Ils traversent activement les parois des vaisseaux sanguins, pour se trouver en contact direct avec les corps étrangers de très petites tailles (bactéries par exemple), ils les phagocytent et les dégradent à l'aide de leurs granulations qui ont une particularité de lysosomes (très riches en protéines et enzymes tel que les hydrolases), (**TARALLO, 1981**). Suite à cette capacité on peut les nommer microphages.

- Eosinophiles

- Morphologie : Ce sont des cellules d'un grand diamètre allant de 14µm jusqu'à 20µm. Le noyau est trapu, en fer à cheval, ovoïde ou en feuille de trèfle, (**KOLB, 1974**). Les granulations sont très petites chez les ruminants, contrairement au cheval où elles sont très volumineuses recouvrant le noyau et donnant l'aspect d'une framboise. Ces cellules fixent le colorant rouge éosine ce qui est à l'origine de leur couleur rose sous le microscope, et elles sont riches en enzymes hydrolytiques ainsi qu'en peroxydases.

- Fonction : Les fonctions des éosinophiles sont mal connues. Ces cellules sont dotées de mobilité et de phagocytose et sensibles à un chimiotactisme positif de l'histamine, (**WIDMAIR *et al*, 2013 ; TARALLO, 1981**). La phagocytose concerne les complexes antigènes-anticorps, les réagines des réactions allergiques, la participation à la coagulation et surtout à la défense antiparasitaire, (**TARALLO, 1981 ; DELABESSE *et al*, 2010**).

Selon **HERBAUX (2011)**, une éosinophilie est rencontrée le plus fréquemment lors d'iatrogénie, de parasitoses et d'allergie.

- Basophiles

Le nombre de basophiles est presque nul dans le sang. Ces cellules représentent moins de 1%, (**KARASUYAMA *et al*, 2009**).

- Morphologie : Ces cellules ressemblent beaucoup aux neutrophiles, la différence est au niveau de leurs granulations spécifiques. Ces cellules participent dans les réactions d'hypersensibilité et de lutte antiparasitaire grâce à leur contenu qui est de l'histamine et de l'héparine, (**TARALLO, 1981 ; DELABESSE *et al*, 2010**). Ces cellules ont une affinité tinctoriale pour les colorants basiques (**DOMART et BOURNEUF, 1984**), ce qui leur donne une couleur bleu foncé. Leurs diamètre est entre 10µm et 18µm, (**KOLB, 1974**).

- Fonction : La fonction de ces cellules est ignorée à cause de leur faible présence dans le sang, (**DOMART et BOURNEUF, 1985**). D'après **TARALLO (1981)**, elles

interviennent dans les réactions d'hypersensibilité retardée, dans différentes pathologies et dans les désordres immunologiques.

Une étude de **WADA *et al* (2010)**, montre que les basophiles ont un rôle dans la résistance contre les attaques aux tiques chez plusieurs d'animaux. Ils ont observé une infiltration des basophiles à l'endroit de la pique au cours de la deuxième infestation. Les auteurs rapportent très prudemment que l'ablation sélective des basophiles chez la souris révèle leur rôle non redondant dans l'immunité acquise contre les tiques. Ils montrent également que les mastocytes sont aussi nécessaires dans cette résistance, mais que les basophiles seraient utiles dans le déclenchement de la réaction. Ces travaux font l'objet d'un intérêt croissant sur le rôle des basophiles pour orchestrer la réponse immunitaire contre les vers parasites et pour déclencher la réaction contre les bactéries, (**MITCH, 2010**).

WEBB et LATIMER (2011) ont cité quelques fonctions des basophiles telles que la libération d'histamine lors de réactions allergiques, rejet des parasites comme les tiques, cytotoxicité possible des cellules tumorales ainsi que l'augmentation du nombre de ces cellules lors de certains troubles myéloprolifératifs.

➤ Monocytes

Ce sont des cellules de grande taille, (**DOMART et BOURNEUF, 1985**). Elles ont un rôle antibactérien similaire à celui des neutrophiles mais avec une moindre importance. En quittant la circulation sanguine, elles se dirigent vers différents tissus comme la moelle osseuse, la rate, les poumons et séreuses, les ganglions, les tissus conjonctifs et les tissus sous-cutanés. A ce niveau, les monocytes se transforment en :

- Histiocytes
- ostéoclastes
- macrophages hautement différenciés, (**TARALLO, 1981 ; DELABESSE *et al*, 2010**).

- Morphologie : Ces cellules sont très volumineuses, leur taille varie entre 14 μm et 20 μm ; elles sont mononuclées, à noyau ovalaire réniforme ou en fer à cheval. Elles ont de très faibles granulations cytoplasmiques mais une richesse en lysosomes antibactériens, (**WIDMAIR *et al*, 2013 ; TARALLO, 1981**).

- Fonction : Les monocytes ont comme fonction principale la phagocytose, moins spécifiquement la dégradation bactérienne comparativement aux neutrophiles. Elles ont une fonction sécrétrice (enzymes, interféron, certains facteurs de coagulation et du complément) et participent essentiellement dans certaines phases de réaction immunologique, (**TARALLO,**

1981). Sous forme de macrophage, elles se déplacent et phagocytent tout corps étranger, ainsi qu'elles ont la capacité d'éliminer les tissus mortifiés, sans oublier leur rôle important de stockage des antigènes d'agression au cours de la dégradation des germes et microorganismes, puis leur transmission aux lymphocytes afin de développer une résistance.

➤ Lymphocytes

Les lymphocytes sont des leucocytes mononucléaires qui à la différence des autres cellules, sont synthétisés au niveau des organes lymphoïdes (ganglions, rate et formations lymphoïdes du tube digestif « amygdales, appendice et plaques de Peyer »).

Deux populations de lymphocytes sont distinguées :

- Les lymphocytes B à vie courte
- Les lymphocytes T à vie longue, (**DOMART et BOURNEUF, 1984**).

Ces deux classes ne peuvent être différenciées en microscopie ordinaire, mais en microscopie électronique, les lymphocytes B sont reconnus par leur surface tourmentée de nombreuses villosités, (**DAGUET, 1976**). D'autres auteurs comme **DELABESSE *et al* (2010)**, suggèrent que ces cellules sont issues de la moelle osseuse, et finissent leur croissance au niveau des organes lymphoïdes centraux :

- Moelle osseuse pour les lymphocytes B
- Thymus pour les lymphocytes T

Puis rencontrent les antigènes après migration vers les organes lymphoïdes périphériques.

- Morphologie : Il existe de petits lymphocytes (6 µm à 10 µm) et de grands lymphocytes (10 µm à 18 µm). Le cytoplasme est peu abondant, contenant un seul noyau relativement volumineux (**WIDMAIR *et al*, 2013**), centré et plus ou moins arrondi. Leur coloration est bleue sous microscope (fines granulations azurophiles).

- Fonction : La principale fonction des cellules lymphoïdes est la participation aux réactions immunitaires, (**TARALLO, 1981**). Ils jouent un rôle à la fois :

- ❖ Dans l'**immunité cellulaire** en faisant intervenir les lymphocytes T thymo-dépendants. Ces derniers passent dans le thymus où ils acquièrent une immunocompétence de 3 mois jusqu'à 10 ans enregistrant ainsi en mémoire le contact avec l'antigène, et développant par la suite une immunité qui pourra être transférée à un autre sujet par le biais d'une transfusion lymphocytaire. Ces lymphocytes participent dans l'hypersensibilité retardée, l'immunité de greffe et la réaction du greffon contre l'hôte, (**DOMART et BOURNEUF, 1984**).

- ❖ Dans l'**immunité humorale** en faisant intervenir les lymphocytes B thymo-indépendants, par synthèse d'anticorps, (**TARALLO, 1981**).

2.1.4. Valeurs bibliographiques

Nous représentons dans le tableau suivant, la formule leucocytaire complète chez l'espèce bovine. Celle-ci est obtenue par différentes méthodes manuelles (lecture d'hématimètre et de frottis sanguins) ou bien automatiques (par automate d'hématologie) qu'on développera dans les chapitres suivants. Nous présentons ci-dessous un tableau regroupant toutes les valeurs étudiés de la lignée blanche :

Tableau 03: Récapitulatif des intervalles de variations des paramètres de la lignée blanche chez l'espèce bovine, (**KRIMER, 2011**)

Paramètres	Intervalles de variation
GB ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	4 – 12
NEU (c/ μL)	600 – 4000
EOS (c/ μL)	0 – 2400
BASO (c/ μL)	0 – 200
MONO (c/ μL)	0 – 900
LYM (c/ μL)	2500 - 7500

3. Méthodes analytiques hématologiques

Les méthodes d'analyses hématologiques consistent à compter manuellement, ou le plus souvent à l'aide d'un automate, les différents éléments figurés du sang aussi bien ceux de la lignée rouge, que ceux de la lignée blanche. D'autres paramètres appelés indices érythrocytaires, sont issus de calculs à partir des résultats obtenus tel que le volume globulaire moyen (VGM), la teneur globulaire moyenne en hémoglobine (TGMH) et la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (CCMH). Un paramètre capital (taux d'hémoglobine Hb) est soit dosé de façon colorimétrique, soit quantifié par des méthodes manuelles (méthode de SAHLI).

3.1. Méthodes manuelles

3.1.1. Comptage globulaire

Pour compter les cellules sanguines, on applique un examen qui consiste, après dilution du sang veineux, à placer ce dernier par capillarité dans un hématimètre. Ces cellules sont munies de chambre de comptage. Ainsi il existe plusieurs types d'hématimètres : Thoma, Malassez, Neubauer ou Burkner. Chacune de ces cellules possède des méthodes de calculs spécifiques, **(DRIEU, 2009)**.

La lecture est réalisée sous microscope optique. En fonction du type cellulaire sanguin à compter, on choisit le liquide, la pipette ainsi que le facteur de dilution, on cite comme exemple : pour la cellule de Thoma, la dilution est de 1/200 pour les hématies, 1/20 pour les leucocytes et 1/100 pour les plaquettes. Cette méthode manuelle est peu coûteuse et choisie lorsque le nombre d'examen à réaliser n'est pas trop élevé. Le matériel nécessaire pour réaliser cet examen est le suivant :

L'hématimètre : lame transparente en verre composée de chambre quadrillée, à profondeur variable et à surface bien délimitée représentant un volume connu et constant. En fonction de la surface de la grille utilisée (nombre de carrés et de lignes) et du volume de la cellule (Thoma, Malassez,...), le calcul du nombre de cellules contenues dans 1 mm³ se fait mathématiquement, c'est l'unité traditionnelle pour définir le nombre de cellules sanguines par rapport à un volume sanguin précis, **(TVEDTEN, 1993 a)**.

➤ Pipette de Potain : élément en verre gradué, qui permet d'effectuer la dilution des cellules sanguines qui sont trop nombreuses, spécifiquement pour leur comptage. Le volume de dilution à utiliser est choisi en fonction des éléments figurés à compter (globules rouges, globules blancs ou plaquettes), **(TVEDTEN, 1993 a)**.

➤ Liquides de dilution : adaptés à chacune des deux lignées cellulaires, chacun élimine une catégorie en la détruisant par action sur les composants chimiques des parois membranaires, et conserve l'autre catégorie intacte pour n'observer que cette dernière. Georges Hayem, a mis au point une solution portant son nom, et qui a pour propriétés de fragiliser la membrane plasmique des globules blancs conduisant à leur destruction, en préservant par contre les globules rouges. D'Après **KESSELER et RIEDER (2010)**, il est conseillé de ne plus utiliser le réactif de Hayem en raison de sa toxicité, et le remplacer par le réactif Dacie et Lewis. La solution de Turc ou Plaxan (ou solution de Lazarus) à base d'acide acétique, a l'effet inverse : Elle provoque la lyse des globules rouges (hémolyse) et laissant intactes les globules blancs et les thrombocytes.

3.1.2. Hémoglobine :

Ce paramètre est mesuré par une méthode très ancienne : méthode de SAHLI, appelée aussi méthode à l'hématine acide. Elle consiste avec l'utilisation d'un hémoglobinomètre à lyser les hématies et dénaturer l'hémoglobine en hématine acide et ce, au contact de l'acide chlorhydrique N/10. Il s'agit ensuite d'éclaircir l'hématine produite lors de la lyse en rajoutant goutte à goutte de l'eau distillée puis en agitant l'éprouvette jusqu'à ramener la couleur brune de l'éprouvette à celle des deux barres témoins de l'hémoglobinomètre, (**VAURETTE, 1975**).

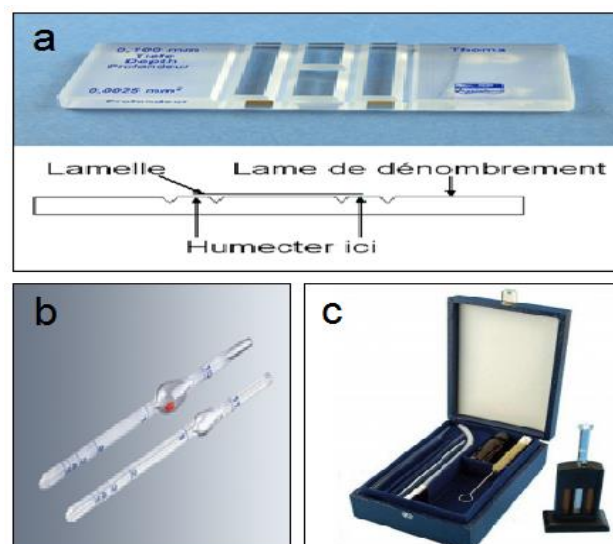


Figure 08: Matériel pour analyse hématologique manuelle. a : Cellule hématimétrique de Thoma (hématimètre ou hémocytomètre) (**ANONYME 11**), b : Pipettes de Potain (pour globules rouges et globules blancs) (**ANONYME 12**), c : Hémoglobinomètre de Sahli complet en étui (**ANONYME 13**)

3.1.3. Hématocrite :

L'hématocrite est calculé en utilisant des tubes capillaires micro-hématocrite. Ils comportent deux repères colorés (figure 09). Une des extrémités est plongée dans le sang rendu incoagulable qui monte par capillarité. Les niveaux de remplissage sont exactement ajustés aux repères colorés et les extrémités seront bouchées à l'aide de paraffine prévue à cet effet. Après centrifugation des tubes capillaires pendant 10 minutes à 13000 tours/minutes, la lecture du niveau atteint par le culot permet d'avoir la valeur exacte de l'hématocrite en appliquant cette formule :

$$\text{Ht (\%)} = (\text{Niveau du culot}) / (\text{Hauteur globale}) \times 100$$

Il existe un gabarit de lecture qui peut montrer la valeur, en faisant coïncider les repères de celui-ci avec ceux du microcapillaire, (ANONYME 14).

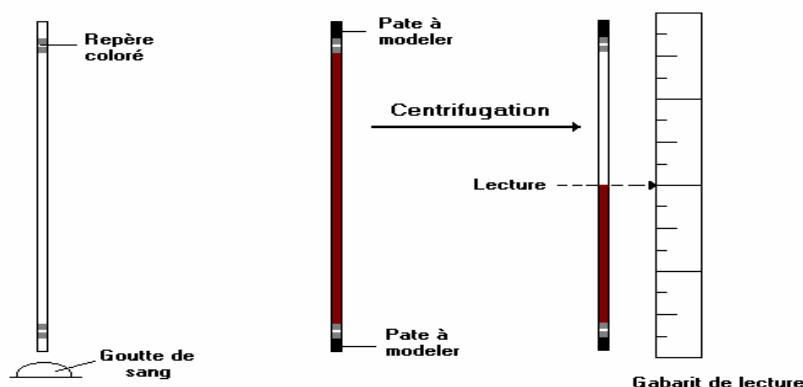


Figure 09: Remplissage et préparation des tubes à hématocrite (ANONYME 14)

3.1.4. VGM, TGMH et CCMH :

Ces trois paramètres appelés aussi indices érythrocytaires, sont calculés à partir des formules suivantes :

$$\text{VGM } (\mu\text{m}^3) = \text{Ht (\%)} \times 10 / \text{nombre d'hématies (millions}/\mu\text{L)}$$

$$\text{TGMH (pg)} = \text{Hb (g/dL)} \times 10 / \text{nombre d'hématies (millions}/\mu\text{L)}$$

$$\text{CCMH (g/dL)} = \text{Hb (g/dL)} \times 100 / \text{Ht (\%)}$$

3.1.5. Frottis sanguin

Le frottis sanguin est un examen qui consiste à étaler une goutte de sang sur une lame de microscope optique à l'aide d'une lamelle. Un bon frottis doit être homogène, lisse et peu épais (une seule couche cellulaire). Après séchage à l'air libre, le frottis doit être fixé et coloré afin de rendre visibles les cellules qui sont transparentes sans coloration. Les frottis sont habituellement colorés par les colorations de Wright et May Grunwald et Giemsa (MGG). Ces deux colorations sont issues de la méthode de ROMANOWSKY à base de bleu de méthylène et d'éosine, **(PICAUT, 2006)**.

La lecture du frottis sanguin sert à examiner quantitativement et qualitativement les éléments figurés du sang (lignée rouge, lignée blanche et plaquettes), ainsi que détecter d'éventuels parasites sanguins tel que les piroplasmes (*Babesia* et *Théléria*). Il consiste aussi à établir une formule leucocytaire, permettant d'apprécier les proportions des différentes cellules de la lignée blanche. Cette pratique est très utile pour diagnostiquer certaines pathologies (parasitaires, allergiques, toxiques, immunitaires ou infectieuses), ou également certaines formes de leucémies ou de lymphomes.

3.2. Méthodes automatiques

Les compteurs automatiques des cellules fournissent une large gamme de données hématologiques plus précises, plus rapides et plus étendues comparativement à celles obtenues par les techniques manuelles, **(TVEDTEN, 1993 b)**.

Ces méthodes automatiques fonctionnent soit par principe Coulter consistant à mesurer les tailles cellulaires par variation d'impédance, ou bien par principe de détection laser en mesurant les tailles des structures cellulaires par diffraction de la lumière. Pour les compteurs « Coulter », il est nécessaire d'ajuster les valeurs seuils et effectuer une calibration en fonction des diamètres cellulaires pour chaque espèce, **(MEKROUD, 2016)**.

Il existe des sociétés commercialisant des appareils automates avec option d'un logiciel adapté aux analyses hématologiques de différentes espèces. A titre d'exemple, nous citons le ProCyte Dx IDEXX (Canada). Cet analyseur automatisé à usage vétérinaire réalise une numération et une formule sanguine complète. Son fonctionnement est basé sur les principes cytométrie de flux laser couplé à la fluorescence optique et l'impédance en flux laminaire. Destiné pour la réalisation d'hémogrammes de chien, de chat, de cheval, de bovin et de furet, **(LE GOFF, 2016)**.

Le principe de cytométrie de flux laser est basé sur le défilage des cellules dissociées et en suspension dans un fluide en mouvement, passant une à une devant un faisceau laser en les comptant. Ceci pourrait être associé à un colorant appelé fluorochrome qui marque auparavant le contenu en acides nucléiques des cellules qui sera évalué, c'est le principe de fluorescence optique, (**MAYOL et GRUNWALD et MORITZ *et al* cités par SELLERET, 2015**). Par ces deux principes précités, deux analyses sont effectuées :

- La distinction entre érythrocytes matures, réticulocytes et plaquettes.
- La mise en évidence de la formule leucocytaire par ses cinq populations, (**IDEXX cité par SELLERET, 2015**).

Pour ce qui est de l'impédance en flux laminaire, le principe repose sur l'analyse de la taille et la quantification des hématies et plaquettes (considérés comme piètres conducteurs électriques). Les leucocytes sont écartés préalablement par lyse, les autres cellules (érythrocytes et réticulocytes) passent entre deux électrodes où circule un courant continu. Une interruption du signal électrique est marquée au passage de chaque cellule, avec une différence du potentiel (appelé également variation d'impédance). Cette différence est directement liée à la taille de la cellule permettant de distinguer les hématies des plaquettes, (**MORITZ et BECKER et IDEXX cités par LE GOFF, 2016**).

L'hémoglobine est mesurée par colorimétrie, reconnue comme méthode de référence par le comité international pour la standardisation en hématologie. Le principe est que Le Fe^{2+} de l'hémoglobine est oxydé en Fe^{3+} de la méthémoglobine. Cette dernière réagit avec le cyanure de potassium (KCN) pour former la cyanméthémoglobine (composé très stable). L'absorption de cette dernière à une longueur d'onde de 546 nm est directement proportionnelle à la concentration en hémoglobine, (**ANONYME 15**).

L'appareil calcule l'hématocrite en centrifugeant le sang dans un tube capillaire conduisant à l'obtention du « Buffy Coat », dont l'épaisseur de ses différentes couches est mesurée pour aboutir enfin au comptage cellulaire. On obtient la numération détaillée des différentes cellules : leucocytes et formule leucocytaire (granulocytes et agranulocytes), nombre de plaquettes, de réticulocytes. L'appareil détermine également le taux de fibrinogène, d'hémoglobine et de la CCMH, (**BELLIER, 2004**).

Les indices érythrocytaires (VGM, TGMH et CCMH) sont calculés par intégration mathématique selon les formules classiques introduites dans le logiciel de calcul de l'automate.

Remarque : Il arrive que les comptages cellulaires par l'automate soient exagérément élevés. Dans de pareils cas, OPTMQ (2001), MULLER (2015) et MEKROUD (2014) proposent des coefficients de correction adaptés.

DENICOLA (2011) a expliqué les méthodologies avec leurs avantages et inconvénients, ainsi qu'il a décrit quelques analyseurs d'hématologie disponibles pour le laboratoire vétérinaire.

Parmi les avantages retenus :

- **La rapidité**, en effet, le système d'analyse est en général automatisé. Cela réduit considérablement, voire annule le besoin d'intervention manuelle. Par ailleurs, les conséquences positives de la méthode sont d'élever le niveau de précision et de limiter les risques d'erreurs.
- **La précision**, celle-ci permet d'avoir des résultats en discernant parfaitement les cellules ayant des similitudes entre elles.
- **La polyvalence**, celle-ci permet une plus grande diversité des paramètres mesurés.

Parmi les inconvénients, nous citons :

- **Le coût de l'appareil**, car l'acquisition d'un automate nécessite en général un investissement important. L'amortissement de son coût est donc fait sur plusieurs mois voire plusieurs années. Il faut également tenir compte du coût des réactifs.
- **L'entretien**, car le matériel nécessite un suivi et un contrôle-qualité régulier pour s'assurer du bon fonctionnement de l'appareil (répétabilité et reproductibilité des résultats sur le moyen et le long terme). Selon les ressources du laboratoire, cela peut être une contrainte.
- **La taille**, car selon la gamme de produits et les caractéristiques, certains analyseurs peuvent être très encombrants, (**ANONYME 16**).

Chapitre II

Notion sur les ions chez les bovins

Les ions représentent des éléments indispensables faisant partie de l'organisme animal, et intervenant d'une façon très marquée dans les différentes fonctions métaboliques. Ils reflètent le fonctionnement rénal, hépatique ainsi que le niveau d'hydratation. Sur un autre aspect, **KOLB (1974)** rappelle que les apports insuffisants en matières minérales peuvent être à l'origine de troubles du métabolisme chez les animaux domestiques ce qui peut avoir pour conséquence de graves désordres soit d'origine carencielle (manque d'apport nutritionnel), soit provoquer des perturbations métaboliques pouvant mener vers certaines maladies (exemple l'hypocalcémie post-partum chez la vache).

Le dosage de ces éléments est dit ionogramme. Dans le domaine clinique, le terme ionogramme est couramment assimilé au dosage des ions monovalents : Na, K et Cl. On s'intéresse dans cette partie à développer quelques ions présentant un intérêt dans la physiologie de la nutrition des vaches laitières.

1. Ions monovalents

1.1. Sodium

C'est le cation principal des secteurs extracellulaires. Son métabolisme est lié à celui de l'eau, (**DOMART et BOURNEUF, 1985 ; HITZ, 1981 a**). Il favorise l'absorption des sucres et des acides aminés au niveau de la lumière de l'intestin grêle. Lorsqu'il est en déficit, les mécanismes d'utilisation de l'énergie et des protéines ainsi que l'absorption des vitamines hydrosolubles sont diminués, (**GUERIN, 2018**).

Il est absorbé par transport actif au niveau digestif tout au long de l'intestin grêle ainsi qu'au niveau du colon (**HORNBUCKLE et al cité par PAROT, 2011**). Au niveau rénal, sa réabsorption est sous le contrôle de l'aldostérone (**HITZ, 1981 a**). Il est éliminé essentiellement par les urines. Son élimination digestive ainsi que par la sueur et les larmes est négligeable, (**ALAIN, 2021**). Chez la vache, le lait en contient mais en très faibles quantités selon (**BARTHE et DUFILHO, 1927**).

1.2. Potassium

C'est un ion intracellulaire, et tout comme le sodium, son métabolisme est lié à celui de l'eau, (**DOMART et BOURNEUF, 1985 ; HITZ, 1981 a**). Il intervient dans le maintien du potentiel membranaire en association avec le sodium, dans le maintien de la pression osmotique, dans la conduction de l'excitation nerveuse et dans la contraction musculaire.

Il est absorbé passivement et entièrement au niveau digestif dans la partie duodénale. Au niveau rénal, il est réabsorbé tout au long de la section tubulaire, (**HORNBUCKLE *et al* et BRAUN et LEFEBVRE cités par PAROT, 2011**). Il est éliminé principalement par les urines sous l'effet de l'aldostérone, mais aussi par les selles, la sueur et les vomissements, (**McCONAGHY *et al* cités par PAROT, 2011**).

1.3. Chlore

Cet anion est en plus forte concentration dans le liquide extracellulaire par rapport au liquide intracellulaire, il entre passivement au niveau des cellules, (**PAROT, 2011**). Le chlore détermine le gradient électrochimique des membranes, maintient la pression osmotique du milieu extracellulaire, et sert à l'élaboration de l'acide chlorhydrique du suc gastrique. Il est ainsi le principal anion des sécrétions gastriques. Il fait aussi partie de la bile, des sécrétions pancréatiques et intestinales, (**GUERIN, 2018**).

Cet ion est sous le contrôle de la vasopressine (ADH), (**PAROT, 2011**). Il est presque totalement absorbé dans le tube digestif quels que soient les besoins de l'animal, au niveau intestinal par co-transport avec le sodium, ou en échange avec un ion HCO_3^- , (**HORNBUCKLE *et al* cité par PAROT, 2011**). Au niveau rénal, son absorption suit celle du sodium, (**BRAUN et LEFEBVRE cités par PAROT, 2011**). Il est éliminé principalement par les urines, et faiblement par la sueur.

Comme résume **GUERIN (2018)**, les trois ions sodium (Na), potassium (K) et chlore (Cl) participent ensemble dans le maintien de la pression osmotique et de l'équilibre acido-basique. Au niveau cellulaire, ils valorisent les éléments nutritifs et sont responsables de la transmission de l'influx nerveux, ainsi qu'aux échanges entre nutriments et déchets de part et d'autre de la cellule.

2. Ions divalents

2.1. Calcium

Très abondant dans l'organisme où il est réparti de façon inégale : le calcium osseux représente 99% du calcium total et le calcium non osseux seulement 1%, (**POLONOVSKI et CANIGGIA cités par BALLAND, 1981**). Le calcium extra osseux peut se différencier en calcium tissulaire et en calcium extra cellulaire (majoritaire). La fraction ayant une activité biologique est celle représentée par le calcium ionisé Ca^{2+} dont la proportion par rapport au calcium plasmatique total est d'environ 50% (**ROSOL et CAPEN et LOPEZ et al cités par PAROT, 2011**). En plus de son principal rôle qui est la formation de l'os, le calcium, même extra osseux qui est en plus faible proportion intervient dans la régulation de la perméabilité cellulaire et dans l'entretien de l'excitabilité neuro-musculaire, (**DEMAILLE cité par BALLAND, 1981 ; KOLB, 1974**).

Cet ion est fourni par l'alimentation. Son absorption se fait par transport trans-cellulaire saturable dépendant de la vitamine D activée (**FAVUS cité par COE et McDOWELL cité par PAROT, 2011 ; KARBACH et FELDMEIER, 1993**), et aussi par transport intercellulaire non saturable dépendant de la concentration luminale en Ca^{2+} au niveau de l'intestin grêle. L'excrétion du calcium est principalement rénale, cependant plus de 98% du calcium filtré par les glomérules est réabsorbé, (**BINDELS, 1993**).

La régulation calcique met en œuvre 3 organes (os, reins et tubes digestif) et 3 hormones (la calcitonine hypocalcémiante, la parathormone hypercalcémiante et le glucagon par effet indirect en stimulant la thyrocalcitonine), (**BORLE et PENIN cités par BALLAND, 1981**). La calcémie exprimée en (mg/l), est voisine de 90 mg/l à 110 mg/l chez les animaux domestiques, (**KOLB, 1974**).

2.2. Phosphore

Le phosphore est étroitement lié au calcium dans le métabolisme phospho-calcique. Il participe dans la structure des cristaux d'hydroxyapatite de la trame protéique de l'os à 88%, (**CANIGGIA cité par HITZ, 1981 b**). Il entre aussi dans la composition des acides nucléiques, des transporteurs d'énergie, des co-enzymes, des glucides. Dans le sang, il existe sous trois formes : organique (protéines, phospholipides), estérifiée et inorganique (ions phosphates), (**MUNCK cité par HITZ, 1981 b**). Parmi ses fonctions, citons la minéralisation de la trame protéique de l'os et l'intégrité du squelette, l'équilibre acido-basique, le métabolisme énergétique

des cellules, (**LINDGARDE cité par HITZ, 1981 b**). Il forme avec le calcium les cristaux d'apatite déposés sur la matrice du collagène.

Apporté par l'alimentation, seulement 50% de la quantité ingérée de cet ion est absorbée au niveau intestinal. Les déperditions en phosphates sont digestives et essentiellement rénales. Après filtration glomérulaire, environ 50% des phosphates sont réabsorbés par les tubules rénaux, (**BRAUN et LEFEBVRE cités par PAROT, 2011**). Cette réabsorption est influencée par le sodium et la parathormone. L'excrétion urinaire du phosphate est augmentée non seulement par la parathormone, mais aussi par le calcium, la calcitonine et le facteur atrial natriurétique, tandis qu'elle est diminuée par l'insuline, (**KEMPSON cité par PAROT, 2011**). Selon **MESCHY et GOFF cités par LOUVIN (2020)**, la principale voie d'excrétion chez les ruminants est la voie fécale (90 à 95%) ainsi que le lait. La voie urinaire intervient lorsque les apports sont importants.

Le calcium et le phosphate sont deux métabolites étroitement liés l'un à l'autre. Cette régulation phospho-calcique est assurée par des facteurs hormonaux et vitaminiques, (**BALLAND, 1981**). Chez les mammifères, les deux ions Ca et P doivent être apportés selon un rapport Ca/P optimal de 1,2 à 1,5 (**KOLB, 1974**).

Nous présentons ci-dessous un tableau récapitulatif de toutes les valeurs bibliographiques des ions étudiés :

Tableau 04: Récapitulatif des valeurs ioniques chez l'espèce bovine (**SERTELET et LECOMPTE, 2016 ; ROSE cité par CHEVALIER, 2002**)

Paramètres	Moyennes
Na (mmol/L)	142
K (mmol/L)	4,3
Cl (mmol/L)	104
Ca (mg/L)	110
P (mg/L)	62

3. Méthodes analytiques ioniques :

Les ions sodium, potassium et chlore sont mesurés sur 0,5 mL de sérum ou de plasma recueillis sur l'anticoagulant Héparinate de lithium (pour Na et K), et/ou EDTA (pour Cl), ou sur l'urine, en employant différentes méthodes dont la potentiométrie par principes d'électrodes spécifiques ou par chimie sèche, la photométrie de flamme (pour Na et K) et la spectrophotométrie ou colorimétrie (pour Cl), (**WILLARD, 1993**). Le principe d'électrodes spécifiques est basé sur la mesure de différences de potentiel (ddp) enregistré entre les électrodes témoins de l'ion à analyser.

Les ions calcium et phosphore, sont dosés sur 0,5 mL de sérum ou de plasma (sur héparine), ou sur l'urine, par application de la spectrophotométrie, (**WILLARD et TURNWALD, 1993**). Le principe de la spectrophotométrie (ou colorimétrie) est basé sur la greffe des ions à doser sur de plus grosses molécules quantifiables par colorimétrie, et leur appréciation se fait selon une formule mathématique adaptée à chaque ion.

Chapitre III

Facteurs influençant les paramètres de la lignée rouge, de la lignée blanche et des ions chez les bovins

Dans la littérature, les valeurs usuelles sont établies pour chaque paramètre sanguin mesuré. Il n'est pas suffisant de faire des interprétations par une simple comparaison des résultats avec ces valeurs usuelles, mais aussi de les confronter à différents facteurs tel que le stade physiologique et l'âge, (ISLER, 2007).

ETIM *et al* (2014) divisent ces facteurs ayant une influence sur les paramètres hématologiques en deux catégories : génétiques comme la race et le génotype, et non génétiques comme l'âge, le sexe, le système d'élevage et autres (rationnement, facteurs environnementaux et hormonaux).

Donc, les paramètres hématologiques sanguins peuvent varier en présence de plusieurs facteurs qui peuvent provenir soit de l'animal, soit de son environnement, entraînant l'apparition de symptômes, ou dans d'autres cas, des modifications asymptomatiques. Dans ce chapitre, nous allons développer plusieurs de ces facteurs, classés en deux catégories : intrinsèques et extrinsèques.

1. Facteurs intrinsèques

Les différents facteurs intrinsèques qui peuvent avoir une influence sur les variables hématologiques des animaux sont l'âge, la race, le sexe et le stade physiologique.

1.1. L'âge

La majorité des modifications érythrocytaires se déroulent au cours des 6 premiers mois de vie chez un bovin .Elles sont plus marquées au cours des 3 ou 4 premiers mois. Pendant le premier trimestre de vie, une anémie physiologique s'installe et les paramètres semblent baisser (excepté le nombre de GR et la CCMH), ensuite ces paramètres augmentent puis se stabilisent vers les valeurs minimales de leurs intervalles physiologiques entre 6 mois et 2 ans d'âge. A l'âge adulte, les valeurs sont stables mais régressent avec le vieillissement, (MAXIMIN, 2010).

Chez le fœtus, Le taux plaquettaire reste stable, **HUBBERT et HOLLEN cités par MAXIMIN (2010)**. A la naissance, ce paramètre augmente durant les deux premières semaines dépassant la limite maximale de la fourchette physiologique des sujets adultes, pour se stabiliser après (**EGLI et BLUM, 1998 ; BRUN-HANSEN et al, 2006**). Chez les adultes, ce paramètre ne change pas trop et aucune influence de l'âge n'est considérée, (**MAXIMIN, 2010**).

Selon **COLES (1979)**, les jeunes bovins ont en général un nombre total de leucocytes élevé à la naissance, ainsi qu'une formule leucocytaire différente de celle trouvée chez les adultes. Comme l'explique **MAXIMIN (2010)**, ce nombre total régresse durant les deux premiers mois de vie de l'animal. Avant l'âge de 2 ans, les cellules augmentent jusqu'au maximum de la fourchette physiologique, puis régressent ensuite annuellement jusqu'à l'âge de 6 ou 7 ans.

Pour ce qui est de la formule leucocytaire, les lymphocytes augmentent de la naissance jusqu'à 1 ou 3 mois puis se stabilisent à l'âge d'un an, (**KAMPEN et al, 2006 ; NAGAHATA et al, 1991 ; FOSSUM et al, 1986**). **HOLMAN (1956)** a par la suite noté leur diminution jusqu'à l'âge de 2 ans. Concernant les monocytes, les valeurs semblent augmenter durant les premiers mois de la vie (**BRUN-HANSEN et al, 2006**). Pour d'autres auteurs, le nombre de ces cellules restent stables durant les 3 premiers mois, (**NONNECKE et al, 2003**).

Une différence liée à l'âge est observée durant la gestation chez les vaches jeunes (de 2 à 4 ans), qui ont significativement plus de lymphocytes que les vaches âgées, alors que paradoxalement, elles ont significativement moins de neutrophiles, (**CONNER et al Cités par MAXIMIN, 2010**).

Pour les neutrophiles, ils chutent juste après la naissance. Cette diminution perdure jusqu'au 2^{ème} mois de vie pour ensuite se stabiliser, (**KAMPEN et al, 2006 ; EGLI et BLUM, 1998**). Les éosinophiles changent avec l'âge, certains auteurs notent une augmentation durant les deux premiers mois, (**EGLI et BLUM, 1998**), d'autres notent une légère diminution au cours des 12 premiers mois de la vie sous l'effet de stress (**GREATOREX, 1957**). D'après **MAXIMIN (2010)**, **GRANZIEN** enregistre une augmentation au cours des 6 premières années de vie. Les vaches laitières peuvent développer une allergie à leur propre lait se traduisant par une hyperéosinophilie, (**KRAMER cité par MAXIMIN, 2010**). Le taux de basophiles est presque nul tout au long de la vie de l'animal.

Les ions peuvent être influencés par l'âge. Comme l'explique **GILLET (2015)**, le risque d'hypocalcémie augmente avec l'âge, suite à la diminution de la réponse de l'os à la parathormone et donc de la mobilisation calcique vers le sang, de la réduction du nombre de récepteurs de la vitamine D3 dans l'intestin et l'os, ainsi qu'une altération des mécanismes d'homéostasie. **LEAN *et al* (2006)** et **DE GARIS et LEAN (2008)**, rapportent qu'il existe une forte relation entre l'alimentation pré-partum et le risque d'hypocalcémie.

1.2. La race

Ce facteur est fortement lié au système d'élevage et au mode d'exploitation. Pour cette raison, nous allons prendre en considération cette forte relation, sachant que le système d'élevage fait partie des facteurs extrinsèques.

Chez les jeunes sujets, plusieurs études montrent une différence entre les races destinées à l'élevage de veaux laitiers pour former les futures génisses, les broutards à ration très variée et les races destinées pour former les veaux de lait ou de boucherie dont la ration est basée exclusivement sur le lait. Ces derniers ont une baisse des paramètres érythrocytaires avec risque d'anémie, et une numération leucocytaire plus faible. La numération leucocytaire n'est pas modifiée chez les veaux de lait âgés de 0 à 2 mois avec administration d'une riche alimentation, (**EGLI et BLUM, 1998 ; NONNECKE *et al*, 2003**).

Chez les sujets adultes et comme le montrent plusieurs études (**KRAMER et GREATOREX et PENNY *et al* cités par MAXIMIN, 2010**), certains paramètres hématologiques sont moins élevés chez les races laitières (destinées à la production laitière) comparativement aux races allaitantes (race à viande). A titre d'exemple, **JAIN cité par MAXIMIN (2010)** rapporte que les deux races laitières Guernesey et Jersey ont un nombre plus faible de GR comparativement aux deux races allaitantes Charolaise et Hereford. **RYAN (1971)** a précisé que parmi les races bovines, la charolaise a significativement les valeurs les plus élevées en Hb et Ht alors que la Jersey a les valeurs les plus basses.

Pour la lignée blanche et plus précisément le nombre de GB, des lymphocytes et des neutrophiles, les races allaitantes citées précédemment ont les valeurs les plus élevées (**PENNY *et al* et RYAN cités par MAXIMIN, 2010**).

Comme rapporte **MAXIMIN (2010)**, **PENNY *et al*** et **WINGFIELD et TUMBLESON** notent que la race Holstein a des valeurs significativement plus élevées en GR, Ht et CCMH comparativement à la race Guernesey, alors que le VGM et la TGMH sont plus faibles. Les leucocytes sont significativement plus élevés pour la Holstein que pour la Guernesey chez les sujets âgés entre 1 et 6 ans. En comparant avec la race Jersey, la Holstein a des valeurs plus faibles en nombre de GB et de lymphocytes, (**JAIN cité par MAXIMIN, 2010**). Ces différences raciales peuvent être d'origine génétique, mais également être liées aux systèmes d'élevages, (**MAXIMIN, 2010**).

Concernant les variations ioniques, **GILLET (2015)** rapporte que certaines races sont prédisposées à l'hypocalcémie plus que d'autres, dont les races laitières. Parmi ces dernières, certaines ont encore plus de risque à avoir ce déséquilibre tel que les Channel Island (comprenant la Jersiaise) et les Suédoises Pie Rouge par rapport à d'autres races laitières.

1.3. Le sexe

Le sexe est lié comme le facteur race, au système d'élevage et au mode d'exploitation. Chez les jeunes sujets, les veaux de boucherie ou de lait sont souvent des mâles, alors que les veaux laitiers sont des futures génisses. Les variations hématologiques ont été détaillées ci-dessus dans le facteur race en se basant sur leurs rations, (**EGLI et BLUM Cités par MAXIMIN, 2010**).

Différentes constatations ont été notées entre les deux sexes de plusieurs races. A titre d'exemple et selon **JAIN cité par MAXIMIN (2010)**, les mâles dépassent les femelles par un taux de 1 à 1,5 millions d'érythrocytes/mm³. **BYERS *et al* (1952)** n'ont remarqué aucune variation de l'Hb en fonction du sexe chez les Jersey et Holstein adultes, contrairement à **McCAY (1931)** qui a noté une différence significative chez les races laitières Jersey et Holstein ainsi que chez les races Ayrshire et Guernesey.

Il en est de même pour les bovins Hereford (âgés de 1 à 2 ans), où les leucocytes et les lymphocytes sont aussi plus élevés chez les mâles que chez les femelles, (**PENNY *et al* cités par MAXIMIN, 2010**).

1.4. Le stade physiologique

1.4.1. Gestation

MAXIMIN (2010) rapporte que l'évolution des paramètres sanguins durant la gestation est liée à l'âge et au stade de lactation. Une étude montre que le nombre de GR s'accroît légèrement mais significativement durant la gestation. Une autre étude diffère de cette affirmation en démontrant que ces cellules restent stables, mais avec une différence entre les vaches âgées de 2 à 4 ans et celles âgées de plus de 5 ans. Les premières ont plus d'érythrocytes que les secondes, (**DOXEY et CONNER *et al* cités par MAXIMIN, 2010**). D'après **GREATOREX cité par MAXIMIN (2010)**, les taux d'Hb et de GR augmentent pendant le premier trimestre de gestation, puis diminuent au cours du deuxième trimestre. Ceci est due à la spoliation sanguine et donc du fer à partir du sang maternel par le fœtus, aboutissant à une anémie physiologique chez la vache gestante.

Une étude a montré que le stade de gestation, ainsi que l'âge en fonction du stade de gestation (2 à 4 ans contre plus de 5 ans) n'ont aucune influence sur le nombre des GB. A l'inverse, une autre étude a indiqué qu'à la fin de la gestation, une augmentation progressive des cellules blanches est observée, (**CONNER *et al* et STRAUB *et al* cités par MAXIMIN, 2010**).

Pour la formule leucocytaire, d'après **CONNER *et al* Cités par MAXIMIN (2010)**, les vaches jeunes (de 2 à 4 ans) ont significativement plus de lymphocytes que les vaches âgées, alors que paradoxalement, elles ont significativement moins de neutrophiles lors de la gestation quel que soit son stade.

1.4.2. Parturition

D'après **MAXIMIN (2010)**, **STRAUB *et al*** rapportent que la parturition représente un facteur de stress pour l'animal et peut modifier certains paramètres. Pour ce qui est de la lignée rouge, les GR, l'Hb et l'Ht augmentent à la parturition, se stabilisent pendant les 24 heures qui suivent, puis retombent vers les valeurs normales au bout de 2 jours. **MAXIMIN (2010)** explique ces variations par le stress du part entraînant la contraction splénique libérant ainsi les érythrocytes, de même, la privation en eau pendant le part fait que le nombre de cellules augmente et par voie de conséquence l'Ht. Une augmentation plaquettaire est notée lors du vêlage, (**GREATOREX cité par MAXIMIN, 2010**). Cela est probablement lié aux phénomènes hémorragiques du part.

Pour ce qui est de la lignée blanche, des auteurs rapportent que le nombre des GB s'accroît significativement 2 jours précédant la mise bas, atteignent un pic, puis redescendent après le part, (**KEHRLI *et al*, 1989 ; LEE et KEHRLI, 1998**). Ces fluctuations croissantes concernent les cellules mononuclées ainsi que les neutrophiles. La formule leucocytaire est modifiée suite au stress causé par la parturition. Les neutrophiles augmentent et les éosinophiles diminuent d'après plusieurs auteurs cités par **MAXIMIN (2010)**. Par ailleurs, **MEGLIA *et al* (2005)** notent aux alentours du part une lymphopénie et une éosinopénie, ainsi qu'une monocytose et une neutrophilie.

Concernant les ions, la parturition est caractérisée par l'apparition d'une hypocalcémie couplée à une hypophosphatémie. Selon **HORST *et al* (2005)** et **GOFF (2014)**, la baisse du calcium est due à la demande accrue et soudaine par la mamelle, quelques jours avant le part, mobilisant cet ion pour la production du colostrum et du lait. Dans ce dernier, l'exportation du Calcium est brutalement multipliée par 4 chez la vache laitière, (**MESCHY cité par CROCCO, 2017**). Deux hormones interviennent à ce moment et qui sont la parathormone mobilisant le calcium osseux vers la circulation sanguine et provoquant la synthèse du calcitriol (ou vitamine D3 active) qui à son tour, favorise l'absorption et la réabsorption calcique intestinale et rénale. Ces mécanismes s'installent dans le but d'une compensation de l'hypocalcémie physiologique. Une composition non équilibré de la ration alimentaire pré-partum constitue un facteur de risque pour une hypocalcémie chez la vache laitière, (**GOFF, 2008**).

La chute physiologique du calcium dans le sang durant le part réduit la motricité de l'intestin, conduisant à la baisse d'absorption du phosphore, et une augmentation de la parathormone (PTH). L'hypophosphatémie accompagne régulièrement l'hypocalcémie, mais devient problématique lorsqu'elle persiste alors que la calcémie se rétablit, (**ENNUYER cité par BARGAIN, 2016**).

1.4.3. Lactation

Une vache en lactation est une vache soit allaitante, soit laitière. La plupart des études démontrent que ce facteur influe significativement sur les paramètres du sang.

Pour ce qui est de la lignée rouge, certains paramètres tels que les GR, l'Hb, l'Ht mais également le fer, sont inversement liés à la production laitière. Les vaches hautes productrices étant prédisposées à une anémie, (**RAOWLANS *et al*, 1979; NOONAN *et al*,**

1978). Le stade de la lactation influe significativement sur le taux d'Hb qui fluctue en chutant durant les 4 premiers mois de lactation, puis augmente vers le 7^{ème} mois pour diminuer à nouveau vers la fin de ce stade. Des fluctuations similaires sont remarquées pour les GB, **(HEWETT cité par MAXIMIN, 2010).**

Concernant les plaquettes, une étude a enregistré des taux plus élevés chez les vaches allaitantes que celles tarées, surtout au printemps. Le niveau de signification n'a pas été vérifié, **(NOONAN *et al* cités par MAXIMIN, 2010).**

Pour ce qui est des leucocytes, certains auteurs montrent que ces cellules sont plus abondantes chez les vaches tarées que chez celles en lactation, **(GREATOREX cité par MAXIMIN, 2010).**

NOONAN *et al* (1978) précisent que les vaches allaitantes ont un nombre de mononucléaires plus faible par rapport à celles non allaitantes surtout au printemps. Par ailleurs, les vaches grandes productrices ont significativement plus de mononucléaires et de neutrophiles que celles moyennement productrices, **(DETILLEUX *et al*, 1995).**

Une augmentation des GB (plus précisément des éosinophiles) et une baisse des GR sont des variations notées au moment de la traite et qui persistent durant les 9 heures qui suivent, **(GREATOREX cité par MAXIMIN, 2010).** L'immunité cellulaire est inversement proportionnelle à l'âge des animaux, donc au nombre de lactations. **HEWETT cité par MAXIMIN (2010),** démontre que ce dernier (N° de lactation) influe significativement sur le nombre des GB. Plus les lactations s'accroissent, plus les leucocytes diminuent.

Pour les ions, plus les lactations s'accroissent, plus le risque d'hypocalcémie augmente **(DE GARIS et LEAN, 2008).**

2. Facteurs extrinsèques

Dans cette deuxième partie, nous allons aborder les différents facteurs extrinsèques pouvant modifier les paramètres hématologiques des bovins et qui sont : la saison et le climat, le système d'élevage ou mode d'exploitation, l'alimentation, les pathologies, les différents types de traitements et le stress.

2.1. La saison et le climat

L'influence de la saison a été rapportée par plusieurs travaux, certains l'ont même lié aux parasitismes saisonniers comme **KRAMER cité par MAXIMIN (2010)**. Les auteurs ne sont pas tous d'accord sur les variations des paramètres hématologiques, qui pour certains, augmentent en saisons chaudes ou diminuent en saisons froides, et pour d'autres ce sont des constatations inverses. Ces différences sont expliquées par des interprétations liées aux conditions d'élevage et des stades physiologiques des animaux prélevés, (**MAXIMIN, 2010**).

Concernant les paramètres érythrocytaires, plusieurs auteurs associent les variations aux facteurs saison, alimentation, et stade physiologique (gestation, parturition et lactation), (**RUSOFF et PIERCY, 1946 ; PAYNE *et al*, 1973 ; NOONAN *et al*, 1978**). Tous ces facteurs précités se chevauchent. Le climat change en fonction de l'altitude. Les animaux pâturant dans de hautes altitudes présentent des valeurs en GR, Hb et Ht plus élevées, ceci suite à l'augmentation de production et libération de l'érythropoïétine (hormone qui stimule par la suite l'érythropoïèse) provoquée par la réduction en oxygène dans les hautes altitudes.

Le taux de plaquettes est plus élevé au printemps qu'en automne, durant plusieurs années d'une étude menée par **NOONAN *et al* (1978)**.

Pour la lignée blanche, plusieurs travaux ont noté des variations multiples des différents leucocytes, concluant à une influence saisonnière de l'activité adrénopituitaire à l'origine de la sécrétion des glucocorticoïdes et influant directement sur la leucopoïèse.

2.2. Le système d'élevage (ou mode d'exploitation)

Ce facteur est très lié à l'alimentation et la race, car les élevages selon leurs types (intensif, semi-intensif ou extensif), reposent sur une distribution de ration alimentaire différente

entre les divers systèmes d'exploitation précités, tout en prenant en considération les différentes races destinées soit à la production laitière ou à la boucherie.

2.3. L'alimentation

L'alimentation est un facteur extrinsèque qui peut influencer sur les paramètres hématologiques chez les bovins.

Chez les sujets adultes, plusieurs auteurs cités par **MAXIMIN (2010)** affirment que la mise à l'herbe fait augmenter les GR, l'Hb et l'Ht suite à l'exercice favorisé par cette sortie (les animaux ont tendance à faire un effort physique lors de leur déplacement en dehors de l'étable). Pour d'autres, l'Hb n'est pas modifié. Certains relient la baisse de l'Hb à la mauvaise qualité de l'herbe (chélateurs du fer), et que les GR diminuent lors d'accès libre à l'eau (hypervolémie). Pour d'autres, certaines races diffèrent en fonction de leur stabulation ou de leur mise en pâture. Certains auteurs rapportent l'influence de l'alimentation en fonction de sa qualité (riche en azote, en lipides, en protéines), les paramètres érythrocytaires semblent être plus élevés d'autant plus que la ration est plus riche et de bonne qualité.

Chez les veaux nouveau-nés, **ZANKER *et al* (2001)** ont constaté que la privation du colostrum pendant 24 à 25 h après la naissance n'influe pas sur le nombre d'érythrocytes, le taux d'Hb et l'Ht, ainsi que le nombre de leucocytes, et que les veaux arrivent à compenser leurs carences au premier jour de leur vie.

Une prise de colostrum suivie de lait dans les 3 jours qui suivent la naissance du veau fait augmenter le volume plasmatique, (**McEWAN *et al*, 1968**). D'après plusieurs auteurs cités par **MAXIMIN (2010)**, Le fer dans l'alimentation du veau joue un rôle très important. Une carence en cet oligo-élément entraîne une anémie de type hypochrome microcytaire, avec baisse des GR, Hb et Ht.

Plus le fer est abondant dans la ration, plus ces paramètres cités augmentent. Les veaux de lait nourris seulement avec du lait, du lait de remplacement ou d'un aliment d'allaitement pauvre en fer, sont anémiés (GR, Hb et Ht bas) par rapport aux veaux brouards, (**EECKHOUT *et al*, 1969 ; DOXEY cité par MAXIMIN, 2010**). Un libre accès à l'eau diminue le nombre des GR. Chez les bovins, les paramètres sanguins répondent à une privation d'eau (qui entraîne une déshydratation et une diminution du volume plasmatique

circulant) par une élévation du taux d'Hématocrite et de la CCMH, (**BIANCA *et al*, 1965 ; BIANCA, 1970**).

Les teneurs des plantes en fer varient en fonction des espèces végétales. A titre d'exemple, la betterave et le navet en contiennent de grandes quantités comparativement au blé et à l'avoine. Chez les animaux adultes, l'anémie ferriprive n'est pratiquement pas connue, contrairement aux jeunes où elle est beaucoup plus fréquente (chez le veau en allaitement naturel ou artificiel). Les raisons de cette anémie sont expliquées par un stock hépatique insuffisant chez le jeune, une faible teneur en fer du lait maternel ou une exigence par le consommateur d'une viande blanche de veau, incitant le fermier producteur à garder des teneurs basses en fer dans la ration, (**LAMAND, 1978**).

Pour le nombre des leucocytes, aucun effet n'est noté bien qu'il existe des particularités raciales entre celles qui sont en stabulation par rapport à celles mises à l'herbe. La lignée blanche est également influencée par le taux de fer. Ce dernier lorsqu'il est en déficit, entraîne une altération des fonctions immunitaires à médiation cellulaire. Lorsque les veaux sont mis à l'herbe, leurs leucocytes augmentent pour quelques jours seulement, sous l'effet de l'exercice, (**GREATOREX cité par MAXIMIN, 2010**). Ils redescendent aux valeurs normales après que l'animal se soit habitué à son nouveau milieu, (**GREATOREX cité par MAXIMIN, 2010**). Pour leurs parts, **FISCHER *et al* (1980)** notent que le nombre des leucocytes reste stable quel que soit le type de l'alimentation.

La ration peut également influencer sur l'ionogramme de la vache laitière. A titre d'exemple et selon plusieurs auteurs cités par **GILLET (2015)**, une ration excessive en potassium mène à une alcalose métabolique, qui à son tour altère la réponse de l'organisme à la parathormone (hormone de régulation calcique), par modification de ses récepteurs. Un excès du phosphate dans la ration avant le part empêche la production de la vitamine D nécessaire à l'équilibre calcique. La même constatation est faite pour le calcium. Ce dernier lorsqu'il est élevé dans la ration, mène à une inhibition des mécanismes d'homéostasie calcique (absorption digestive, mobilisation osseuse, activation des parathyroïdes).

Chez la vache, 90% de la vitamine D provient de l'alimentation sous forme d'ergocalciférol (vitamine D2) présent dans les végétaux, et 10% de la synthèse dans les tissus sous-cutanés (10%) plus exactement dans les couches basales de l'épiderme où le cholestérol se transforme en cholécalciférol (vitamine D3), sous l'action des rayons ultraviolets de la lumière. La vitamine D2 rejoint la D3 par la circulation sanguine après son absorption

intestinale avec les graisses, selon **LE GRUSSE et WATIER (1993)** et plusieurs auteurs cités par **MONTIEL (2005)**. **HOFFMANN (1971)** rapporte qu'une carence en vitamine D entraîne une augmentation de l'élimination urinaire des phosphates, ainsi qu'une diminution des taux sanguins de Ca et de P.

En résumé, une transition alimentaire non préparée autour de la mise-bas ainsi que la croissance et la production de lait, sont des situations à risque pour les modifications du Ca et du P par carence ou par excès. Concernant le Na, les apports de sels insuffisants mènent à plusieurs effets parmi lesquels le pica. Enfin, des rations riches en fourrages (graminées) mènent à un déséquilibre du K par excès, entraînant plusieurs effets tel que l'accélération du transit digestif, (**MESCHY cité par CROCCO, 2017**).

2.4. L'état pathologique

Certaines pathologies peuvent avoir une influence sur les paramètres hématologiques. Elles peuvent provenir d'un déséquilibre du compartiment liquidien comme les hémorragies et les déshydratations, ou également d'une modification de formes et de nombre des éléments figurés du sang telles que les anémies, les leucémies, les leucopénies ou les leucocytoses. D'autre part, il existe des pathologies touchant la source de production des cellules sanguines comme la dysplasie de la moelle osseuse, la splénomégalie et l'hypertrophie ganglionnaire conduisant par la suite à des déséquilibres périphériques et centraux, (**BLOOD et ANDERSON, 1976**). Les maladies peuvent être infectieuses, non infectieuses ou parasitaires. Nous citerons ci-dessous les désordres et modifications touchant les paramètres hématologiques pour chaque maladie individuellement :

2.4.1. Pathologies Infectieuses

La leptospirose est une maladie infectieuse se caractérisant par une hémolactation, hémoglobulinurie, un ictère et une diarrhée hémorragique, dans sa forme suraigüe et aigüe (**LARS, 2018 ; PEREZ BONILLA cité par LEGRAND, 2007 ; RAUTUREAU, 2003**), ainsi qu'un ictère dans sa forme chronique, (**COLLOBERT, 1994**).

Les salmonelloses ont des symptômes typiques avec des diarrhées parfois hémorragiques (**SIMON, 2013**), et une neutropénie au début de l'affection, (**TRITZ, 2012**).

Le BVD ou diarrhée virale bovine, appelée aussi « **maladie des muqueuses** », est une maladie virale causée par un pestivirus. Les signes hémorragiques observés sont dus à une thrombocytopénie par consommation plaquettaire et une thrombopathie, ciblant toutes les catégories d'âge, (**LACHENAL, 2013**). Sur le plan hématologique, une hémorragie fatale dans différents organes, un ulcère, une diarrhée hémorragique et une leucopénie sont parmi les signes cliniques relevés (**DESILETS, 2003 ; WALZ *et al* cités par LACHENAL, 2013**).

La leucose bovine enzootique, maladie contagieuse des bovins dont l'agent pathogène est un virus leucémogène bovin de la famille des Retroviridae. Cette maladie se développe le plus souvent de façon asymptomatique, principalement chez les adultes, accompagnée parfois d'une lymphocytose persistante, ou sous une forme tumorale, (**REMY *et al*, 2009**).

2.4.2. Pathologies non infectieuses et intoxications végétales :

La pancytopénie néonatale bovine, cette maladie touche les veaux nouveaux-nés de moins d'un mois de toutes races. Elle se caractérise cliniquement par une anémie suite à des hémorragies et des pétéchies multifocales, cutanées pouvant aussi être cérébrales provoquant la mort, fèces hémorragiques, pâleur des muqueuses, une thrombocytopénie sévère associée à une leucopénie ainsi qu'une hypoplasie ou aplasie médullaire. Les troubles de la coagulation sanguine se traduisent dans les cas les plus typiques par des « sueurs de sang ». Elle est d'origine immunitaire et génétique, (**FOUCRAS, 2012 ; SCHELCHER *et al* cité par GUATTEO, 2013**)

La CIVD ou coagulation intra-vasculaire disséminée, est un syndrome acquis au cours duquel survient une activation diffuse de la coagulation intra-vasculaire due à une maladie sous-jacente (il s'agit toujours d'un processus secondaire), (**LACHENAL, 2013**). Chez les ruminants, la CIVD est le plus fréquemment due à des processus infectieux (bactériens, viraux et parasitaires), des néoplasies, des inflammations et traumatismes, des hémolyses intravasculaires et des envenimations, D'après **STOKOL cité par LACHENAL (2013)**. Cliniquement, on observe différents signes en fonction de la maladie sous-jacente. La formation de caillots sanguins lors de la CIVD conduit à la consommation de plaquettes et au manque en facteurs de coagulation, ce qui est à l'origine de thrombopénie, entraînant des hémorragies aux sites de ponction veineuse, des pétéchies, des ecchymoses, de l'épistaxis et du méléna ou une hématurie, (**GRUBBS et OLCHOWY cités par LACHENAL, 2013**).

Les déficits héréditaires en facteurs de coagulation, tel que l'**hémophilie A** est retrouvée chez plusieurs espèces dont les bovins. C'est un déficit congénital en facteur VIII de coagulation selon **MORITOMO et al (2008)**. Il existe une maladie due au déficit en facteur XI de coagulation identifiée chez des bovins noir japonais et laitiers dans des études menées par **BRUSH et al (1987)** et **OHBA et al (2008)**. D'après plusieurs auteurs cités par **LACHENAL (2013)**, certains animaux peuvent présenter de signes cliniques variés dont les saignements et l'anémie. Les traumatismes peuvent aussi être une des causes d'anémie suite à une perte de sang excessive.

Les bovins sont également prédisposés à de nombreuses intoxications dues à l'ingestion de différentes plantes qui peuvent être nuisibles, surtout aux pâturages. Parmi ces espèces végétales, il en existe plusieurs qui touchent les valeurs hématologiques de l'animal, on peut citer :

La fougère aigle (*Pteridium aquilinum*), cette plante cosmopolite présente dans le monde entier, entraîne en période d'été et d'automne, lorsqu'elle est ingérée fraîche ou mélangée au foin chez les bovins (surtout chez les jeunes), un syndrome hémorragique lors de forme aigue, une hématurie, une thrombocytopénie et une leucopénie.

D'autres plantes sont à l'origine d'hématurie et d'hémoglobininurie chez les bovins tels que **le Lupin jaune** (*Lupinus luteus*) et **La mercuriale annuelle** (*Mercurialis annua*). On peut citer aussi d'autres espèces végétales très disponibles en Algérie comme **La betterave** (*Beta vulgaris*), **Le chou potager** (*Brassica oleracea*) et **le Colza** (*Brassica napus L.*), entraînant une hémoglobininurie, (**VALTY, 2015**).

Les allergies sont la cause d'hyperéosinophilie modérée d'après **HERBAUX (2011)**.

2.4.3. Pathologies parasitaires :

Les piroplasmoses (babésiose et théilériose) sont des parasitoses causées par des protozoaires, (**LAROUSSE, 1985**).

Pour **la babésiose**, des parasites des hématies sont mis en évidence par des frottis sanguins, réalisés aux premiers stades d'évolution de la maladie sur du sang périphérique. Elle s'exprime par une pâleur des muqueuses ou ictère apparaissant quelques jours après l'infection, (**COLLOBERT, 1994**). Les parasites provoquent une hémolyse aboutissant à un signe caractéristique chez les bovins : « pissement de sang » par émission d'urines foncées (rouges à

noires) et mousseuses. (ANONYME 17). L'ictère est associé à une anémie et une hémoglobinurie dans la forme aiguë. Dans d'autres formes moins typiques, les lésions générales sont celles consécutives à l'anémie hémolytique, avec une pâleur généralisée et un ictère de la carcasse, pouvant être associés à des pétéchies, (DRIEU, 2009) ; Entraînant par la suite une hypoglobulie, une hémoglobulinémie et une hémoglobinurie, (ANONYME 18).

Pour la **théileiriose**, les parasites sont des protozoaires inoculables, présents et multipliés dans les leucocytes mononucléés puis dans les érythrocytes des bovins, transmis par les tiques, (BROWN et PRESTON cités par AYADI, 2016). Cette pathologie s'exprime par un ictère dans sa forme suraiguë, des muqueuses pâles et pétéchies rarement accompagné d'ictère dans sa forme aiguë. Une anémie d'origine hémolytique et une hémoglobinurie sont parmi les signes hématologiques. L'hypertrophie des nœuds lymphatique est l'aspect clinique caractéristique d'après plusieurs auteurs cités par AYADI (2016).

Les trypanosomiasés sont des maladies parasitaires transmises par des vecteurs arthropodes hématophages (mouches tsé-tsé), (RODHAIN et PEREZ cités par LEKEUX (2006). L'anémie avec une diminution de l'hématocrite sont parmi les symptômes de cette parasitose, (TOURE, 1977 ; LEKEUX, 2006). Il y'a aussi une diminution des taux des GR et de l'Hb vers le quart de leurs valeurs normales, suite à une érythrophagocytose par des macrophages et à une hémolyse due à des substances élaborées par les parasites à des complexes antigène-anticorps à la surface des hématies. L'Ht chez les bovins est inférieur de 20 %. (ITARD et FREZIL, 2003 ; BUSSIERAS et CHERMETTE, 1992).

La fasciolose, est une trématodose se caractérisant dans sa forme aiguë (rare chez les bovins), par plusieurs symptômes dont l'anémie, surtout lors des phases invasives où cette anémie est associée à une pâleur des muqueuses ou muqueuses sub-ictériques (qui correspondent à la phase de migration des jeunes douvules à travers le parenchyme hépatique). La forme chronique la plus habituelle est l'anémie hivernale. Les douves sécrètent de la proline qui empêche la synthèse de l'hémoglobine et qui entraîne une hypertrophie des canaux biliaires, (BORAY et MALONE cités par ESPINASSE, 2006 ; COLLOBERT et WOLTER, 1994).

Il est connu que l'hyperéosinophilie est caractéristique pour toute infestation parasitaire, son rôle semble important dans la résistance à l'infestation (CHAUVIN *et al* cités par ESPINASSE, 2006). Une augmentation des lymphocytes est stimulée par les antigènes du

parasite. Une modification de la formule sanguine est observée avec l'apparition d'une hyperéosinophilie, d'une leucocytose et d'une anémie. Un comptage des globules blancs et l'appréciation de leur degré de différenciation a fait l'objet d'une évaluation, mais aucun résultat probant ne peut en être exploité, (**BOSSAERT *et al* cités par ESPINASSE, 2006**).

La paramphistomose, une autre trématodose touchant les mammifères herbivores, entraînant une duodénite hémorragique dans sa forme larvaire aigue, par des jeunes paramphistomes hématophages, (**EUZEBY, 2005 ; ANONYME 19**).

Les strongyloses gastro-intestinales, sont des nématodoses causées par des strongles du tube digestif dont certains sont hématophages, l'exemple d'*Heamonchus contortus*. Ces derniers entraînent des troubles digestifs, se traduisant principalement au niveau hématologique lors d'infestation massive, par de l'anémie et l'afflux de lymphocytes, d'éosinophiles et de mastocytes, (**COLLOBERT et WOLTER, 1994 ; ANONYME 19**).

Les helminthoses sont les parasitoses les plus fréquemment concernées par les éosinophilies, (**HERBAUX, 2011**).

2.5. Les traitements médicamenteux

2.5.1. Corticothérapie

L'administration de **corticostéroïdes (glucocorticoïdes)** entraîne un des changements hématologiques qu'on nomme « leucogramme de stress ». Les bovins traités par ces substances représentent une neutrophilie, une lymphopénie, une éosinopénie et une monocytose. Ces modifications hématologiques étaient qualitativement similaires à celles d'autres espèces d'après **JACOBS *et al* (1981)** et **MAXIMIN (2010)**.

2.5.2. Antibiothérapie

D'après plusieurs auteurs cités par **LACHENAL (2013)**, le **Furazolidone** est un antibiotique qui était utilisé anciennement à titre préventif et curatif contre plusieurs maladies dont les colibacilloses chez les veaux. Ils ont mis en évidence l'effet néfaste de cette molécule entraînant une intoxication chronique, conduisant à des troubles hémorragiques, des muqueuses

pâles, des pétéchies, des hémorragies sur les muqueuses buccales, rectales et nasales. Tout cela fait suite à une thrombocytopénie liée à un trouble d'hémostase primaire.

Les antibiotiques sont parmi les médicaments pouvant entraîner l'éosinophilie selon **HERBAUX (2011)**.

2.5.3. Fluidothérapie

L'hématocrite diminue à la suite d'une correction d'une déshydratation par fluidothérapie, alors que le chlore et le potassium se rétablissent après 2 ou 3 jours du traitement, (**SARTELET et LECOMTE, 2016**).

2.5.4. Biocides

Les rodenticides anti-coagulants, sont les moyens de lutte les plus fréquemment utilisés pour lutter contre les rongeurs et les nombreux dégâts qu'ils occasionnent dans les cultures et les habitations. Leur mécanisme d'action cible l'hémostase secondaire. Certains rodenticides sont actifs après une consommation sur plusieurs jours, d'autres le sont après une seule prise seulement, (**LACHENAL, 2013**). Parmi les signes cliniques causés par ce type de molécules, on peut observer des mélémas, de l'hématurie, des saignements importants aux sites de blessures ou de ponction, des hémorragies internes conduisant à la pâleur, très diversement localisées à l'origine de troubles variés et d'une anémie marquée. Ces signes sont en relation avec des troubles de la coagulation. La mort peut survenir lorsque l'ingestion de pareils produits est importante, (**PUYT et PINEAU, 2015 ; GALEY cité par LACHENAL, 2013**).

Le dicoumarol, utilisé comme raticide, est un composé converti par des moisissures à partir de deux composés aromatiques « coumarine et mélilotine », présents dans le chiendent odorant ou flouve odorante (*Antoxanthum odorantum*) et les mélilots lors de fabrication et stockage d'ensilage et de foin. Les troubles sont liés à l'hémostase secondaire. Parmi eux, ceux liés à l'hématologie sont : la pâleur des muqueuses, la déshydratation, les hémorragies sous-cutanées ou intra-musculaires, les saignements digestifs, par les orifices naturels et lors d'interventions chirurgicales ou injections et les hématomes selon plusieurs auteurs cités par **LACHENAL (2013)**. D'autres auteurs ont menés des études sur des cas d'intoxications de bovins par cette molécule suite à l'ingestion de foin moisissu, (**BARTOL et al, 2000 ; DWYER et al, 2003**).

2.6. Le stress

Ce facteur peut influencer quelques paramètres physiologiques sanguins, par libération de glucocorticoïdes et de catécholamines. Certains des paramètres hématologiques sont concernés par ces modifications.

Pour la lignée rouge, le nombre des hématies ainsi que le taux d'Hb et d'Ht augmentent suite à la contraction splénique. Le VGM, la TGMH et la CCMH ne semblent pas influencés par ce facteur. Les plaquettes également ne semblent pas être modifiées lors de stress d'après **MORAU (2015)**.

Pour la lignée blanche, plusieurs travaux s'accordent sur le fait que les hormones de stress (catécholamines et corticoïdes) font augmenter les valeurs absolue et relative des neutrophiles, et diminuer celles des lymphocytes. Une éosinopénie est notée chez les cervidés d'après **MUNERATO *et al* (2010)** et plusieurs auteurs cités par **MORAU (2015)**.

Presque le même tableau est observé lors de libération de glucocorticoïdes due au stress que lors de corticothérapie. Un « leucogramme de stress » est installé.

Deuxième partie

ETUDE EXPERIMENTALE

Chapitre IV

Protocole expérimental

1. Objectifs et buts de l'étude

Dans la partie expérimentale, nous abordons deux volets différents. Avant de développer ces deux volets séparément, nous rappelons que le but de notre étude tient en plusieurs points :

- 1) Mieux appréhender les pathologies bovines en effectuant un diagnostic basé sur une meilleure connaissance des paramètres hématologiques et ioniques.
- 2) Etablir des valeurs usuelles et les mettre à la disposition des vétérinaires praticiens.
- 3) Etudier les éventuelles variations existantes en tenant compte de certaines variables physiologiques tel que l'âge, la race, le sexe et le stade physiologique.
- 4) Mise en place de quelques paramètres ioniques chez la vache laitière et leurs variations en fonction du stade physiologique.
- 5) Etudier les variations sous l'influence de quelques variables tel que la saison et le climat, l'alimentation et le type d'exploitation.

2. Description des zones d'étude

Notre travail a été réalisé au niveau de la région de Constantine. Cette dernière est située au nord-est du pays sur des zones de hauts plateaux.

2.1. Situation géographique

La wilaya de Constantine occupe une position géographique centrale dans la région de l'est algérien, étant une ville charnière entre le Tell et les Hautes plaines, au croisement des grands axes Nord-Sud (Skikda-Biskra) et Ouest-Est (Sétif-Annaba), elle se trouve aux environs de 650 m d'altitude. Elle est également désignée comme capitale de l'est algérien et représente l'une des plus grandes métropoles à l'intérieur du pays.

La ville de Constantine se situe à 431 km à l'est de la capitale, et est bordée par cinq wilayas, (Guelma au nord-est, Skikda au nord, Jijel au nord-ouest, Mila à l'est, et Oum El Bouaghi au sud, (ANONYME 20).

La wilaya de Mila (dans laquelle est situé le complexe agricole BOUSSOUF) est quant à elle située dans le Nord-Est Algérien à une moyenne de 480 m d'altitude. Située également dans la partie Est de l'Atlas tellien, (ANONYME 21).

2.2. Climatologie

Les données climatiques des deux wilayas sont à peu près semblables. Les deux régions d'études appartiennent à l'étage bioclimatique classé semi-aride comparativement aux régions littorales. Dans un souci de ne pas alourdir le texte et de permettre une meilleure compréhension, nous avons choisi de représenter les données climatiques des deux régions étudiées à travers le tableau ci-dessous :

Tableau 05: données climatiques des deux régions d'étude (Constantine et Mila-Chelghoum el Aid)
(ANONYME 22, ANONYME 23, ANONYME 24)

Régions		Constantine	Mila (Chelghoum el Aid)
Type de climat		Tempéré chaud	Méditerranéen chaud avec été sec
Précipitations annuelles moyennes		630 mm	501,7 mm
Précipitations	Les plus faibles	7 mm (en juillet)	7 mm (en juillet)
	Les plus élevées	94 mm (en janvier)	61 mm (en décembre)
Température moyenne	Le mois le plus chaud	25,3 C° (en aout)	26,5 C° (en aout)
	Le mois le plus froid	7,1 C° (en janvier)	6,5 C° (en janvier)
Température moyenne de l'année		15,5 C°	15,3 C°

2.3. Eco pédologie et agriculture

Compte tenu de la ressemblance des données éco pédologiques et agricoles des deux régions, nous avons regroupé les deux lieux ensemble.

La ville de Constantine s'étale sur un terrain caractérisé par une topographie très accidentée, marquée par une juxtaposition de plateaux, de collines, de dépressions et de ruptures brutales de pentes donnant ainsi un site hétérogène. Elle s'étend sur un plateau rocheux à 649 m d'altitude, coupé des régions qui l'entourent par des gorges profondes où coule l'oued Rhummel qui l'isole à l'est et au nord, des djebels Ouahch et Sidi Mcid, dominant de 300 m, à l'ouest le bassin d'El-Hamma. Aussi bien dans la wilaya de Constantine que dans les régions avoisinantes (dont la wilaya de Mila), les terres sont assez fertiles et destinées essentiellement à la céréaliculture. Cependant, on peut y trouver quelques vergers et des cultures maraichères dans certaines zones de la wilaya, (ANONYME 20).

2.4. Description des structures

2.4.1. Ferme pilote Baaraouia – Constantine

La ferme pilote BAARAOUIA fondée en 1981 est une structure destinée pour l'élevage bovin (d'un effectif de 100 têtes environ, principalement la race Prim-Holstein et quelques Tarentaises), l'élevage ovin et l'aviculture chair. Financièrement autonome, étalée sur une surface totale de 1093 hectares (ha) dont 900 ha est une surface agricole utile. Elle est située dans la commune de Khroub, wilaya de Constantine (coordonnées GPS 36°16'20" N 6°40'19" E).

La ferme est un ensemble d'infrastructures, Composée de différents locaux hétérogènes, dont sept à usage administratif, une habitation et plusieurs ateliers d'exploitations destinés à l'élevage qu'on représente dans le tableau suivant :

Tableau 06: La distribution des infrastructures de la ferme BAARAOUIA de Constantine
(ANONYME 25)

	Nombre
Locaux à usage administratif	07
Habitation	01
Ateliers d'exploitation :	
Infrastructure d'élevage :	
- Etables	06
- Box de vêlage	04
- Nurserie	01
- Salle de lait	01
- Pharmacie	01
- Bergerie	08
- Box d'agnelage	03
- Atelier Avicole chair	01
- Autre bâtiment	01
- Magasin	07
- Atelier mécanique + abris de parcage	02
- Silo à grain	01

Les bâtiments d'élevage de la ferme entourent une grande aire d'exercice avec un abreuvoir central collectif. La distribution d'aliment se fait manuellement et est adaptée aux stades physiologiques des animaux. Ces derniers sont consignés d'une façon régulière dans un registre de suivi.

Le système d'élevage est de type semi-intensif (stabulation et pâturage), où les animaux sont maintenus sur pâturages pendant six heures par jour, puis reçoivent du foin et de la

paille (8kg/vache/jour) en deux rations quotidiennes avec une distribution d'ensilage d'orge entre novembre et mars. Les vaches en lactation reçoivent 8 à 9 kg supplémentaires de concentré /vache/jour. L'eau est fournie ad libitum. Les vaches produisent une quantité de lait allant de 19 à 20 litres/vache/jour.

2.4.2. Ferme Boussouf – Mila

Le complexe BOUSSOUF des vaches laitières est situé à Khadraouia dans la commune de Oued el athmania wilaya de Mila (coordonnées GPS 36°20'47" N 6°20'19" E). Il s'agit d'une exploitation privée de 1500 ha, comprenant des bâtiments d'élevages en semi-ouvert ainsi que les surfaces agricole utiles. Cette exploitation est dotée d'équipements très modernes et gérée de façon quasi-automatique. L'exploitation a démarré avec 500 vaches laitières importées d'Europe exclusivement de la race Prim-Holstein. L'effectif a atteint aujourd'hui près de 1500 vaches. Le système d'élevage est de type intensif, **(ANONYME 26)**.

L'exploitation est composée de bâtiments semi-ouverts où sont parqués les animaux. A côté de chaque aire de parcage, il existe une aire d'exercice où les animaux sont déplacés au besoin (principalement lors des opérations de raclage automatique du purin). Ce dernier est récolté dans des fosses puis traité et séché en vue de son utilisation ultérieure comme engrais. L'exploitation comporte également une nurserie où sont élevés les jeunes bovins (mâles et femelles) avant leur introduction dans le cycle de production.

Une salle de traite totalement automatisée reçoit les vaches deux fois par jour (à 7h et 18h). L'aliment est distribué lors de la traite. Les rations alimentaires sont calculées et distribuées spécifiquement pour chaque vache compte tenu des données propres à chaque animal (stade physiologique, embonpoint, etc). Pour cela les animaux sont dotés d'un bracelet électronique (podomètre) permettant le calcul et la distribution de la ration adéquate.

La ration alimentaire est essentiellement composée de foin, d'orge, de concentré, d'ensilage et de paille. A cela s'ajoute les compléments minéraux. L'abreuvement des animaux est ad-libitum.

Les informations de suivi des vaches sont actualisées quotidiennement sur des fichiers informatiques. L'exploitation produit en moyenne une quantité allant de 30 jusqu'à 40 litre de lait/animal/jour. Cette production laitière est destinée aux laiteries existantes de la wilaya ainsi qu'à celles de l'est du pays, **(ANONYME 26)**.

3. Matériel et méthodes

3.1. Echantillonnage des animaux

Le premier volet consiste à étudier certains paramètres hématologiques et ioniques et l'influence des facteurs intrinsèques sur leurs possibles variations. Le travail a porté sur un effectif de **192** bovins. Les animaux prélevés constituent un ensemble hétérogène. Une étude comparative est menée en faisant des allotements de ces animaux selon les facteurs intrinsèques suivants (âge, race, sexe et stade physiologique) :

- Pour le facteur **âge**, quatre classes d'âge sont proposées: vêlles \leq à 2 mois (Ve), génisses de 10 à 14 mois (G), jeunes vaches \leq à 48 mois (Vj), vaches $>$ à 48 mois (Va).
- Pour le facteur **race**, les catégories sont les suivantes : Tarentaise (Tarent) et Prim'Holstein (P'Holstein).
- Pour le facteur **sexe**, deux catégories de veaux et vêlles \leq à 2 mois d'âge : vêlles (Femelle) et veaux (Mâle).
- Pour le facteur **stade physiologique**, quatre catégories sont retenues : 1^{er} tiers de gestation (1T), 2^{ème} tiers de gestation (2T), 3^{ème} tiers de gestation ou tarissement (3T), post-partum (PP).

Remarque : Ces allotements sont minutieusement étudiés de façon à ce qu'il n'y ait pas de biais possibles. Pour cela, les effectifs utilisés dans ces comparaisons sont inférieurs aux animaux prélevés. Pour les valeurs usuelles, et compte tenu du fait qu'il n'y ait pas de comparaison entre les lots, nous avons utilisé la totalité de l'effectif prélevé.

Le second volet consiste à étudier l'influence de quelques facteurs extrinsèques (saison et système d'élevage) sur les variantes hématologiques :

- Pour le facteur **saison**, 4 lots de 14 vaches laitières répartis d'une façon homogène, sont prélevés une fois par saison durant une année (prélèvements trimestriels). Les 4 saisons sont symbolisées comme suit : automne (Aut), Hiver (Hiv), Printemps (Print) et été (Eté).
- Pour le facteur **système d'élevage**, les deux lots retenus (10 vaches pour chacun) réparties d'une façon homogène, sont identifiées comme suit : (semi-intensif) et (intensif).

3.2. Mode opératoire

3.2.1. Technique des prélèvements

Les prises de sang sont effectuées au niveau de la veine jugulaire, à l'aide d'une seringue stérile, d'un volume de 5 mL. Ce dernier est ensuite transféré sur deux tubes, avec anticoagulants. Ces tubes sont de deux types :

- Un tube à EDTA (Ethyl Diamine Tétra Acétate) : anticoagulant chélateur du calcium, conservant la forme des cellules. Ce tube est utilisé pour les analyses hématologiques et particulièrement à la numération-formule et le Cl.
- Un tube à héparine (Héparinate de Litium) : anticoagulant agissant par liaison à l'antithrombine III, Ce tube est réservé aux analyses ioniques (dosage des électrolytes : Na, K, Ca et P). Le sang prélevé est agité immédiatement par retournements lents et répétés afin de permettre le mélange homogène du sang avec l'anticoagulant. Ces prélèvements sont ainsi envoyés le jour même au laboratoire d'analyses.

Le rapport sang / anticoagulant doit être dans la bonne proportion afin de garantir des résultats précis et fiables, (**ADEWOYIN et NWOGOH, 2014**).

Les frottis sanguins destinés à l'établissement de la formule leucocytaire sont confectionnés au niveau de la ferme et séchés puis mis en boîte pour être colorés au May-Grunwald-Giemsa (MGG) ultérieurement.

3.2.2. Transport et conservation

Nous avons utilisé un compartiment isotherme (+4°C) pour le transport et l'acheminement des prélèvements vers le laboratoire. Ces échantillons sont traités dans les 4 heures qui suivent le prélèvement.

3.2.3. Méthodes d'analyse

Nous avons effectué trois types d'analyses. Des analyses d'hématologie (FNS) qui ont concerné les paramètres sanguins principaux :

- Nombre de globules rouges (GR)
- Nombre de globules blancs (GB)
- Taux d'hémoglobine (Hb)

- Taux d'hématocrite (Ht)
- Volume Globulaire Moyen (VGM)
- Teneur Globulaire Moyenne en Hémoglobine (TGMH)
- Concentration Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine (CCMH)
- Taux plaquettaire (PLA)

Pour tous ces paramètres pré-cités les analyses sont effectuées à l'aide d'un automate pour hématologie (MINDRAY BC3000 Plus, Ref SKU-BC-3000Plus, Chine) et (BIOTA, Ref VABIO 360, Turquie).

Remarque : *Pour certaines valeurs de GB exagérément élevées par l'automate, il a été appliqué pour une même série de prélèvements, des facteurs de correction adaptés, afin de rendre les résultats interprétables, (MEKROUD, 2014).*

Pour la formule leucocytaire, les valeurs relatives sont établies sur la base de l'observation au microscope des frottis sanguins, colorés par la technique rapide basée sur le principe de la coloration de May-Grünwald Giemsa (kit RAL 555, RAL diagnosis, Martillac, France). Les valeurs absolues sont ensuite calculées à partir du nombre total de globules blancs pour chaque bovin.

En ce qui concerne l'analyse ionique, nous avons effectué des méthodes semi-automatiques :

- Par potentiométrie pour les ions Na, K, Cl, effectuée par l'appareil (EasyLyte PLUS ANALYZER, USA)
- Par colorimétrie pour les ions Ca et P, réalisée par l'appareil (COBAS INTEGRA 400 plus analyser, France)

3.2.4. Analyses statistiques des données

Le programme statistique utilisé est le R i386 3.0.2 pour Windows Interface graphique. Le test ANOVA complété par le test du Chi carré et les tests à la plage multiple (étendues multiples) sont utilisés pour l'analyse statistique. La valeur seuil des différents tests est de $p < 0,05$.

3.2.5. Modalités de présentation des résultats

Dans un souci d'une meilleure compréhension et en raison du nombre des résultats importants dont nous disposons, nous avons jugé utile de faire une interprétation à la suite de chaque facteur (suivant les diagrammes en boîte et les tableaux de significations) sans pour autant la discuter. Afin de ne pas trop charger les tableaux, les paramètres étudiés ont été regroupés en : Lignée rouge avec indices érythrocytaires, lignée blanche et ions.

Pour les trois facteurs (âge, stade physiologique et saison), nous rajoutons des lettres exposants (a,b,c et d) pour indiquer les valeurs qui diffèrent significativement (les valeurs qui ne portent pas la même lettre dans une même ligne sont différentes significativement), ajoutés à ceci des dendrogrammes, dans le but d'illustrer l'arrangement des groupes générés par un regroupement hiérarchique, montrant en général les groupes les plus proches. Ces présentations ne sont pas nécessaires pour les facteurs (race, sexe et système d'élevage) d'après le test statistique.

Chapitre V

Résultats et interprétations

Comme introduction à nos résultats, nous représentons ci-dessous les différentes cellules sanguines observées sous microscope après réalisation de frottis sanguins et coloration MGG :

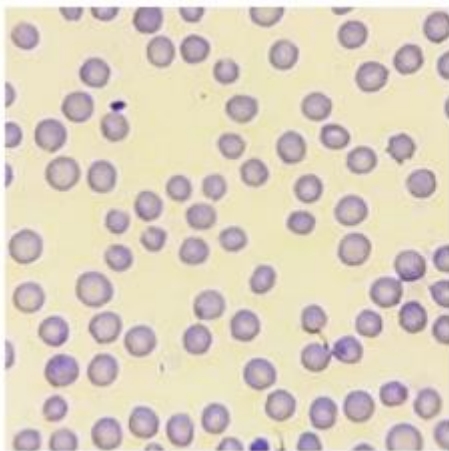


Photo A: Hématies du bovin, coloration rapide MGG (kit RAL 555), x 100 (photo personnelle)

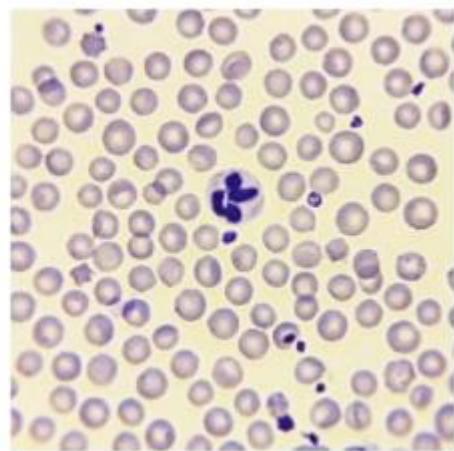


Photo B: Neutrophile du bovin, coloration rapide MGG (kit RAL 555), x 100 (photo personnelle)

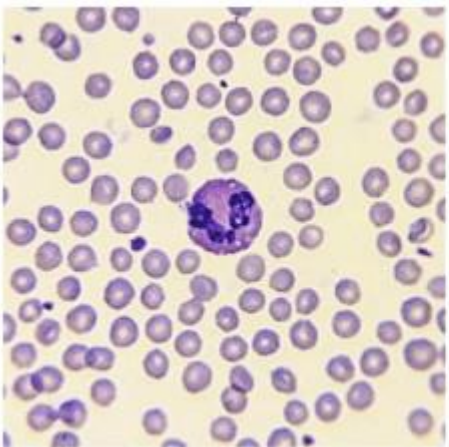


Photo C: Eosinophile du bovin, coloration rapide MGG (kit RAL 555), x 100 (photo personnelle)

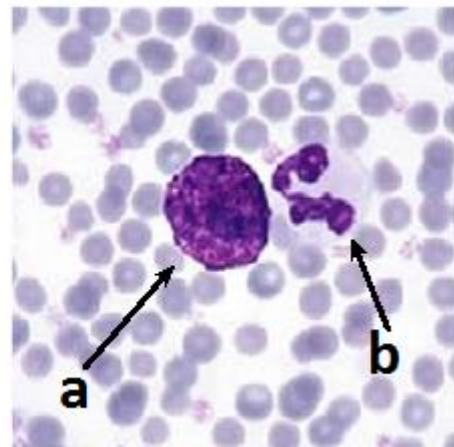


Photo D: (a) Basophile et (b) neutrophile du bovin, coloration Wright-Giemsa, (HARVEY, 2001 modifiée)

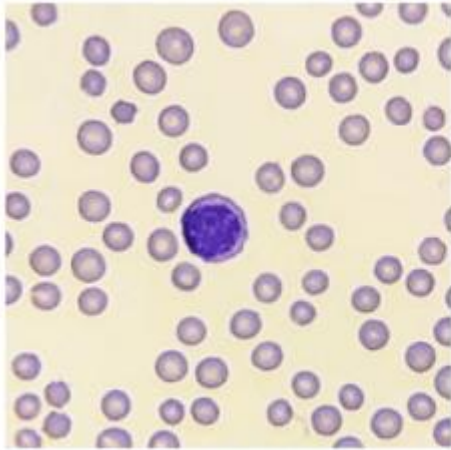


Photo E: Lymphocyte du bovin, coloration rapide MGG (kit RAL 555), x 100 (photo personnelle)

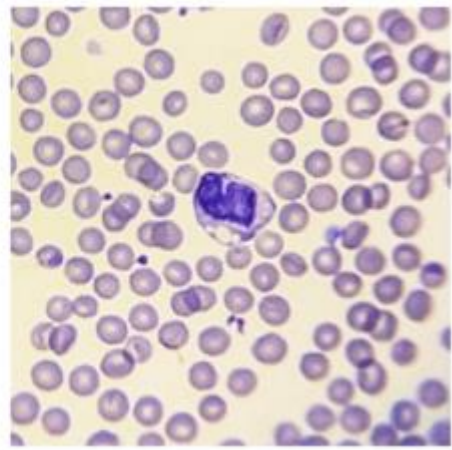


Photo F: Monocyte du bovin avec vacuoles lysosomiales, coloration rapide MGG (kit RAL 555), x 100 (photo personnelle)

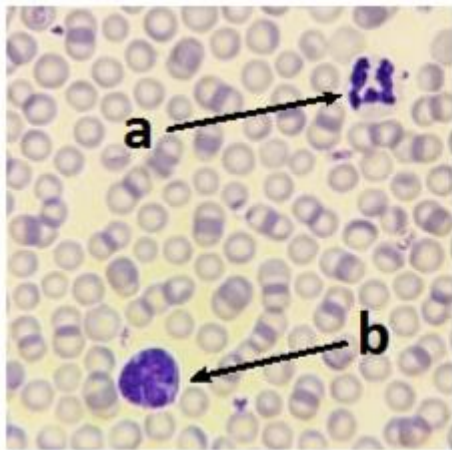


Photo G: (a) neutrophile et (b) monocyte du bovin, coloration rapide MGG (kit RAL 555), x 100 (photo personnelle)

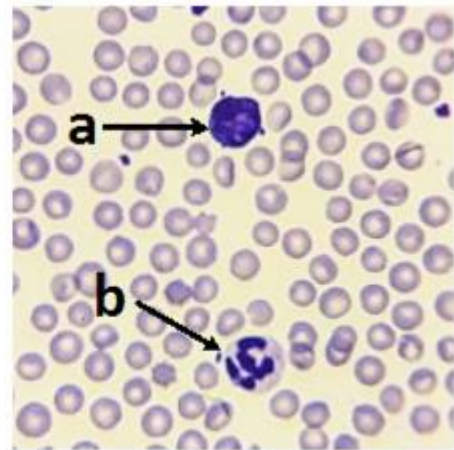


Photo H: (a) lymphocyte et (b) neutrophile du bovin, coloration rapide MGG (kit RAL 555), x 100 (photo personnelle)

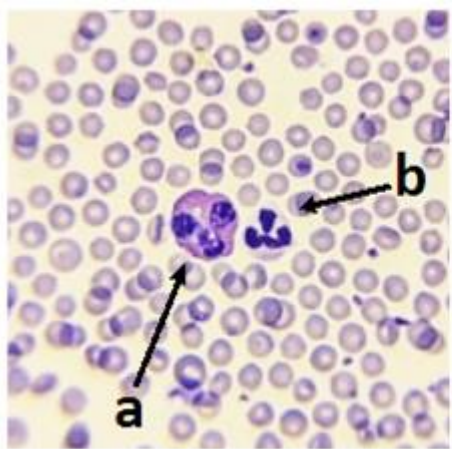


Photo I: (a) éosinophile et (b) neutrophile du bovin, coloration rapide MGG (kit RAL 555), x 100 (photo personnelle)

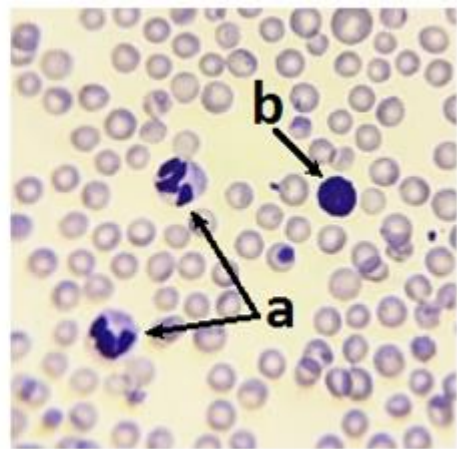


Photo J: (a) neutrophiles et (b) lymphocyte du bovin, coloration rapide MGG (kit RAL 555), x 100 (photo personnelle)

Premier volet : Valeurs usuelles chez les bovins et influence des facteurs intrinsèques sur quelques paramètres hématologiques et ioniques

1. Valeurs usuelles chez les bovins

1.1. Résultats

Le tableau suivant rapporte les valeurs hématologiques chez les bovins prélevés au niveau de la ferme BOUSSOUF.

Tableau 07: valeurs hématologiques et moyennes globales de tous les bovins prélevés (180 bovins)

Paramètres	Unités	Moyenne ± Ecart-type	Minimale	Maximale
Paramètres hématologiques				
GR	x10 ⁶ /μL	6,1 ± 1,2	1,4	9,5
GB	x10 ³ /μL	8,9 ± 4,7	0,7	24,1
Hb	g/dL	9,8 ± 1,4	5,3	13,4
Ht	%	28,3 ± 6,0	5,1	42
PLA	x10 ³ /μL	453,7 ± 649,4	0	4926
Indices érythrocytaires				
VGM	μm ³	46,0 ± 4,1	36,6	57,7
TGMH	pg	16,3 ± 2,9	10,1	37,5
CCMH	g/dL	35,8 ± 8,2	18,4	103,9
Formule leucocytaire				
Val abs Lym	ç/μL	4592,6 ± 2753,6	315	14701
Val % Lym	%	51,6 ± 13,4	18	84
Val abs Mono	ç/μL	507,9 ± 485,0	0	3374
Val % Mono	%	5,4 ± 3,3	0	16
Val abs Neu	ç/μL	3509,2 ± 2156,2	287	10332
Val % Neu	%	39,2 ± 12,9	10	78
Val abs Eos	ç/μL	329,4 ± 493,8	0	3564
Val % Eos	%	3,8 ± 4,1	0	22
Val abs Baso	ç/μL	2,0 ± 18,8	0	202
Val % Baso	%	0,0 ± 0,2	0	2

Val : valeurs ç : cellules abs : Absolue

Nous présentons ci-dessous, deux tableaux comparatifs regroupant les résultats de notre étude, ainsi que les résultats d'autres travaux par différents auteurs sur l'hématologie des bovins.

Tableau 08: valeurs des paramètres hématologiques relevés dans la bibliographie et données personnelles

Paramètres	<u>Données personnelles</u> (Intervalles)	KOLB (1974)	COLES (1979)	BELLIER et CORDONNIER (2010)	MAXIMIN (2010)	ETIM <i>et al</i> (2014)
Lignée rouge et indices érythrocytaires						
GR (x10 ⁶ /μL)	<u>6,1 ± 1,2</u>	5 – 7	4 – 12	5 – 10	5 – 10	-
Hb (g/dL)	<u>9,8 ± 1,4</u>	9 – 14	8 – 14	8 – 15	8 – 15	8 – 15
Ht (%)	<u>28,3 ± 6,0</u>	40	26 – 42	24 – 46	24 – 46	24 – 48
VGM (μm ³)	<u>46,0 ± 4,1</u>	46 – 54	40 – 60	40 – 60	40 – 60	40 – 60
TGMH (pg)	<u>16,3 ± 2,9</u>	15 – 20	11 – 17	11 – 17	11 – 17	11 – 17
CCMH (g/dL)	<u>35,8 ± 8,2</u>	32 – 39	26 – 34	30 – 36	30 – 36	30 – 36
PLA (x10 ³ /μL)	<u>453,7 ± 649,4</u>	150 – 600	300 – 800	110 – 800	110 – 800	-
Lignée blanche						
GB (x10 ³ /μL)	<u>8,9 ± 4,7</u>	5 – 10	4 – 12	4 – 12	4 – 12	4 – 12
LYM c/μL	<u>4592,6 ± 2753,6</u>	-	4640	2500 – 7500	2500 – 7500	-
LYM %	<u>51,6 ± 13,4</u>	55 – 65	-	-	45 – 75	40 – 70
MONO c/μL	<u>507,9 ± 485,0</u>	-	320	25 – 840	25 – 840	-
MONO %	<u>5,4 ± 3,3</u>	5 – 8	-	-	2 – 7	1 – 6
NEU c/μL	<u>3509,2 ± 2156,2</u>	-	2240	600 – 4000	600 – 4000	-
NEU %	<u>39,2 ± 12,9</u>	25 – 30	-	-	15 – 45	-
EOS c/μL	<u>329,4 ± 493,8</u>	-	720	0 – 2400	0 – 2400	-
EOS %	<u>3,8 ± 4,1</u>	5 – 6	-	-	0 – 20	0 – 4
BASO c/μL	<u>2,0 ± 18,8</u>	-	40	0 – 200	0 – 200	-
BASO %	<u>0,0 ± 0,2</u>	0,4 – 0,8	-	-	0 – 2	0 – 2

- : Non Déterminé. La ligne soulignée présente les résultats de notre étude.

Tableau 09: valeurs des paramètres hématologiques relevés dans la bibliographie selon des lieux d'étude comparativement à nos données personnelles

Paramètres	<u>Données personnelles</u> (MOY ± EC-T) Algérie	AENGWANICH (2002) Thaïlande	AL-SHAMI (2003) Arabie-saoudite	KRIMER (2011) États-Unis
Lignée rouge et indices érythrocytaires				
GR (x10 ⁶ /μL)	<u>6,1 ± 1,2</u>	4,78 ± 0,94	7,2 ± 1,1	5 - 10
Hb (g/dL)	<u>9,8 ± 1,4</u>	8,67 ± 1,57	12,0 ± 1,4	8 - 15
Ht (%)	<u>28,3 ± 6,0</u>	24 ± 4,83	35,1 ± 1,1	24 - 46
VGM (μm ³)	<u>46,0 ± 4,1</u>	51,69 ± 6,44	46,2 ± 1,2	40 - 60
TGMH (pg)	<u>16,3 ± 2,9</u>	18,31 ± 2,3	14,9 ± 1,3	11 - 17
CCMH (g/dL)	<u>35,8 ± 8,2</u>	35,64 ± 4,87	32,2 ± 1,1	30 - 36
PLA (x10 ³ /μL)	<u>453,7 ± 649,4</u>	212 ± 148	-	100 - 800
Lignée blanche				
GB (x10 ³ /μL)	<u>8,9 ± 4,7</u>	13,6 ± 4,1	14,6 ± 2,3	4 - 12
LYM c/μL	<u>4592,6 ± 2753,6</u>	-	-	2500 - 7500
LYM %	<u>51,6 ± 13,4</u>	83,04 ± 10,79	30 ± 1,2	-
MONO c/μL	<u>507,9 ± 485,0</u>	-	-	0 - 900
MONO %	<u>5,4 ± 3,3</u>	0,78 ± 1,51	3,1 ± 0,3	-
NEU c/μL	<u>3509,2 ± 2156,2</u>	-	-	600 - 4000
NEU %	<u>39,2 ± 12,9</u>	10,13 ± 7,22	58 ± 2,0	-
EOS c/μL	<u>329,4 ± 493,8</u>	-	-	0 - 2400
EOS %	<u>3,8 ± 4,1</u>	5,38 ± 6,31	8,3 ± 1,1	-
BASO c/μL	<u>2,0 ± 18,8</u>	-	-	0 - 200
BASO %	<u>0,0 ± 0,2</u>	0,29 ± 1,18	0,7 ± 0,03	-

- : Non Déterminé. La ligne soulignée présente les résultats de notre étude.

1.2. Interprétation

A partir des deux tableaux 8 et 9, il apparaît clairement que pour tous les paramètres hématologiques, nos données semblent fluctuer dans les intervalles rapportés par les différents auteurs (**BELLIER et CORDONNIER, 2010 ; MAXIMIN, 2010 ; ETIM, 2014**). Les intervalles de variations cités par **KOLB (1974)** sont plus étroits par rapport à ceux retrouvés dans des études plus récentes.

En comparant nos résultats avec ceux d'**AENGWANICH, (2002)** et d'**AL-SHAMI (2003)**, les données de la lignée rouge (GR, Hb, Ht et PLA) semblent supérieures à celles d'**AENGWANICH** et inférieures à celles d'**AL-SHAMI** sans pour autant être significativement différentes. Cela se répercute inévitablement sur les valeurs des indices érythrocytaires (VGM, TGMC et CCMH) qui sont calculés à partir de ces paramètres de la lignée rouge.

Le nombre de GB paraît inférieur à ceux des deux auteurs précités. L'étude statistique n'a pas été réalisée pour confirmer son niveau de signification. D'autre part, les pourcentages de la formule leucocytaire obtenus dans notre étude sont inférieurs à ceux des deux auteurs, excepté pour les MONO. Les LYM et les NEU qui sont supérieurs à ceux d'**AL-SHAMI** et d'**AENGWANICH** respectivement.

Une des explications pouvant justifier ces variations est que les auteurs précités ont travaillé dans des conditions et/ou sur des races différentes des nôtres (Races Holstein croisées et en Thaïlande pour **AENGWANICH** et race Hassawi en Arabie-saoudite pour **AL-SHAMI**).

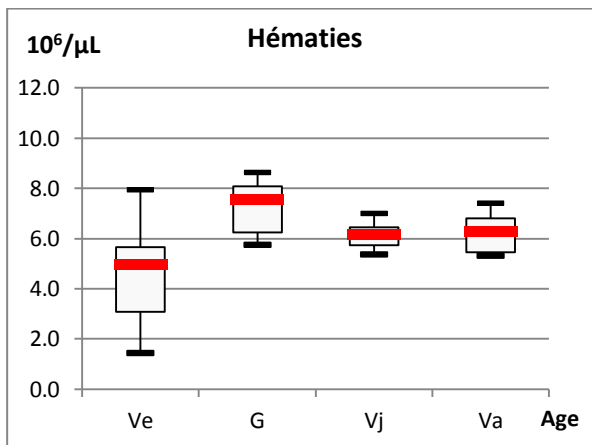
2. Influence des facteurs intrinsèques sur quelques paramètres hématologiques et ioniques chez les bovins

Dans cette partie, nous allons traiter les facteurs intrinsèques un par un, en prenant soin d'étudier chaque paramètre individuellement. Pour une meilleure lisibilité des comparaisons, nous avons jugé utile de représenter ces tableaux sous forme de diagrammes en boîte.

Les résultats sont regroupés dans des tableaux en différents paramètres : lignée rouge avec indices érythrocytaires, lignée blanche, (et ions seulement pour le stade physiologique).

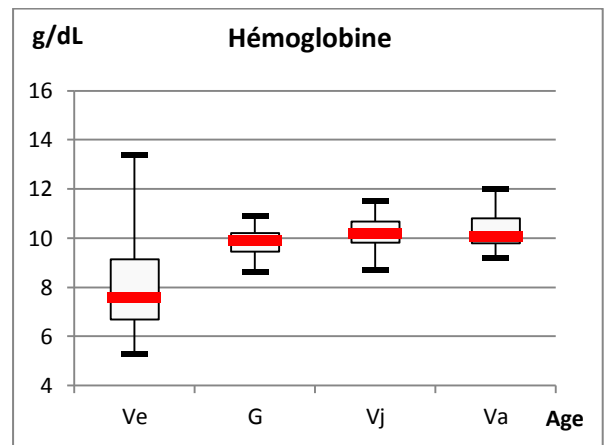
2.1. Age

2.1.1. Résultats graphiques et statistiques



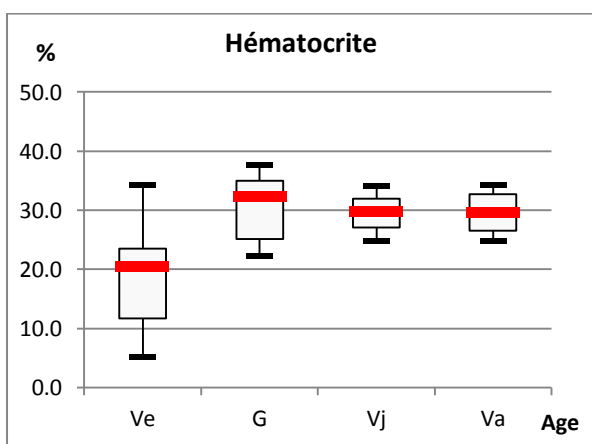
Ve : velle, G : génisse, Vj : vache jeune, Va : vache âgée

Diagramme 01: Variation des globules rouges en fonction de l'âge



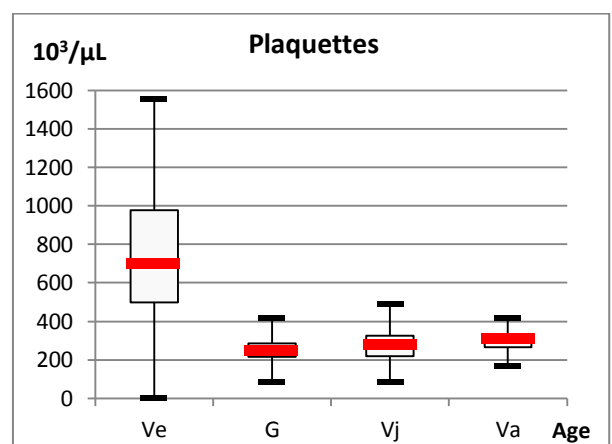
Ve : velle, G : génisse, Vj : vache jeune, Va : vache âgée

Diagramme 02: Variation de l'hémoglobine en fonction de l'âge



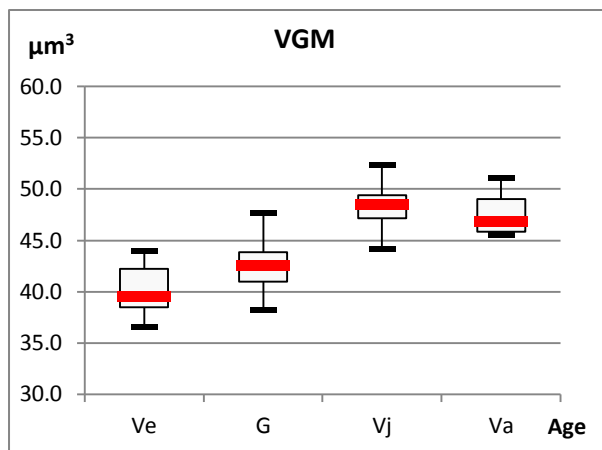
Ve : velle, G : génisse, Vj : vache jeune, Va : vache âgée

Diagramme 03: Variation de l'hématocrite en fonction de l'âge



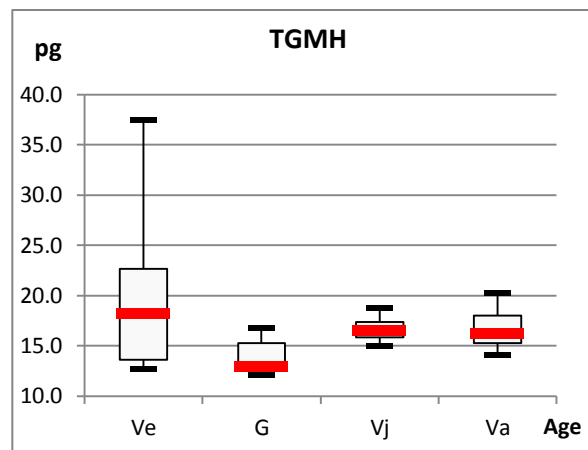
Ve : velle, G : génisse, Vj : vache jeune, Va : vache âgée

Diagramme 04: Variation des plaquettes en fonction de l'âge



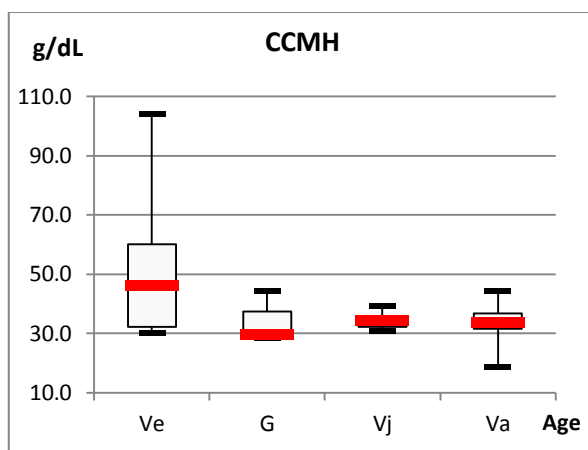
Ve : velle, G : génisse, Vj : vache jeune, Va : vache âgée

Diagramme 05: Variation du volume globulaire moyen en fonction de l'âge



Ve : velle, G : génisse, Vj : vache jeune, Va : vache âgée

Diagramme 06: Variation de la teneur globulaire moyenne en hémoglobine en fonction de l'âge



Ve : velle, G : génisse, Vj : vache jeune, Va : vache âgée

Diagramme 07: Variation de la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine en fonction de l'âge

Tableau 10 : Variations des paramètres de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction de l'âge et degré de signification statistique

Paramètres	Ve	G	Vj	Va	Valeur P
GR ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	$4,7^c \pm 1,9$	$7,2^a \pm 1,0$	$6,1^b \pm 0,5$	$6,2^b \pm 0,7$	$P < 0,0001$
HB (g/dL)	$8,2^b \pm 2,1$	$9,8^a \pm 0,7$	$10,2^a \pm 0,8$	$10,3^a \pm 0,8$	$P < 0,0001$
HT (%)	$19,1^b \pm 8,5$	$30,8^a \pm 5,4$	$29,7^a \pm 2,9$	$29,6^a \pm 3,3$	$P < 0,0001$
VGM (μm^3)	$40,2^c \pm 2,4$	$42,8^b \pm 2,5$	$48,5^a \pm 2,3$	$47,5^a \pm 1,9$	$P < 0,0001$
TGMH (pg)	$19,4^a \pm 6,6$	$13,7^c \pm 1,5$	$16,7^b \pm 1,1$	$16,7^b \pm 1,8$	$P < 0,001$
CCMH (g/dL)	$49,5^a \pm 19,8$	$32,6^b \pm 5,0$	$34,5^b \pm 2,5$	$34,0^b \pm 5,7$	$P < 0,001$
PLA ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	$719,7^a \pm 434,0$	$248,5^b \pm 84,7$	$276,4^b \pm 106,5$	$303,4^b \pm 66,4$	$P < 0,0001$

Ve : velle, G : génisse, Vj : vache jeune, Va : vache âgée

Les valeurs qui ne portent pas les mêmes lettres dans la même ligne, diffèrent significativement ($p < 0.05$)

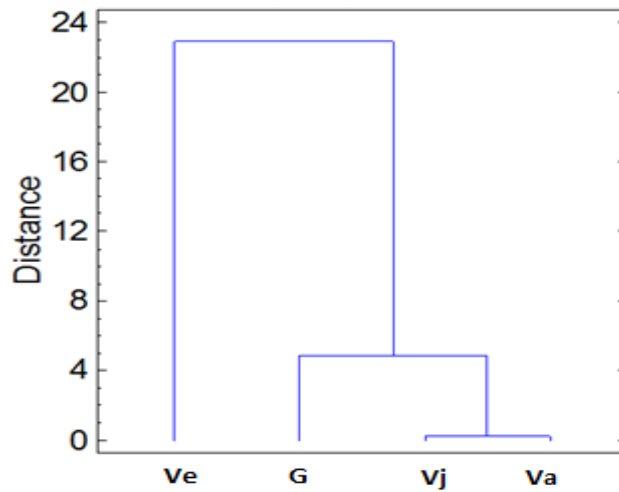
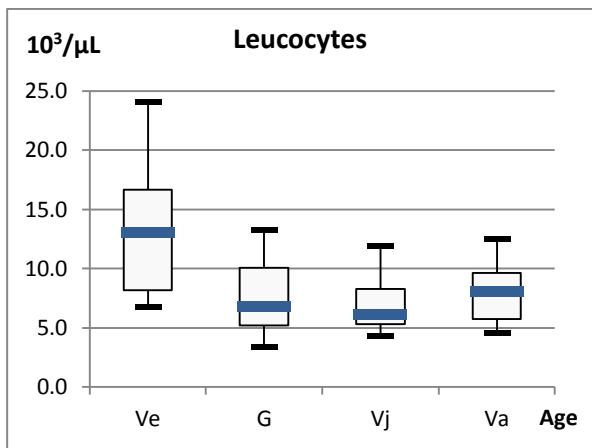
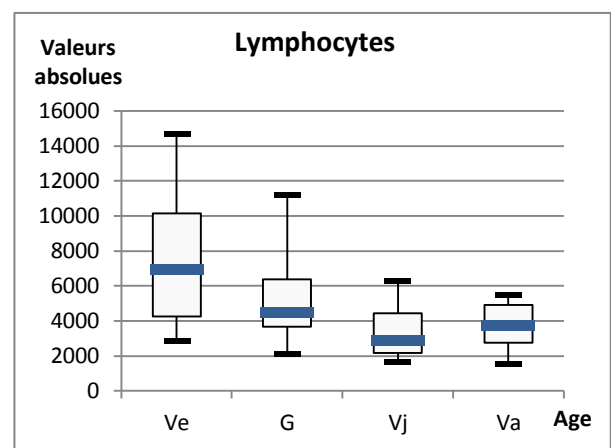


Figure 10 : dendrogramme de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction de l'âge



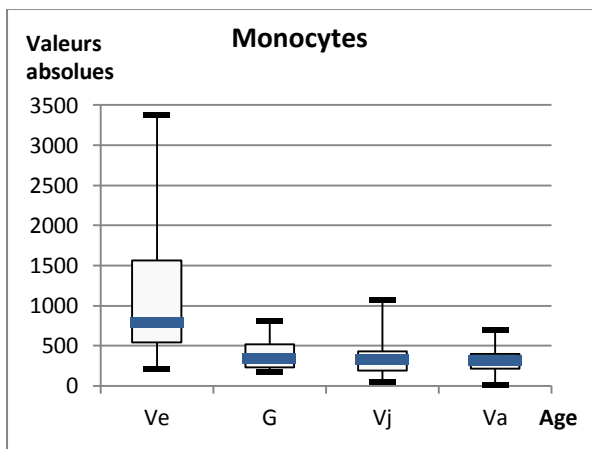
Ve : velle, G : génisse, Vj : vache jeune, Va : vache âgée

Diagramme 08: Variation des globules blancs en fonction de l'âge



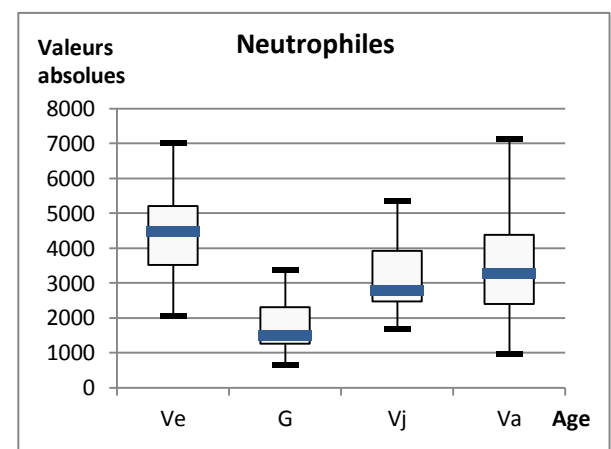
Ve : velle, G : génisse, Vj : vache jeune, Va : vache âgée

Diagramme 09: Variation des lymphocytes en fonction de l'âge



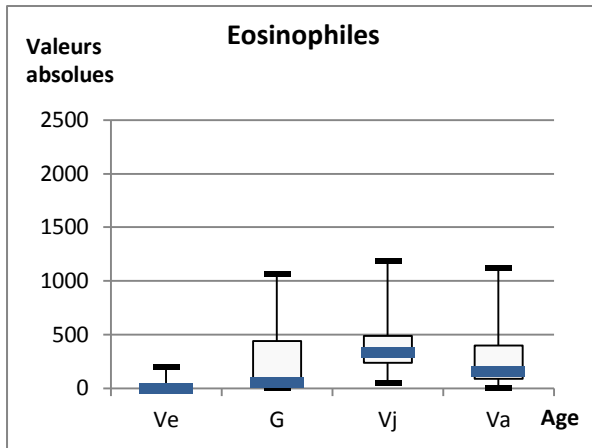
Ve : velle, G : génisse, Vj : vache jeune, Va : vache âgée

Diagramme 10: Variation des monocytes en fonction de l'âge



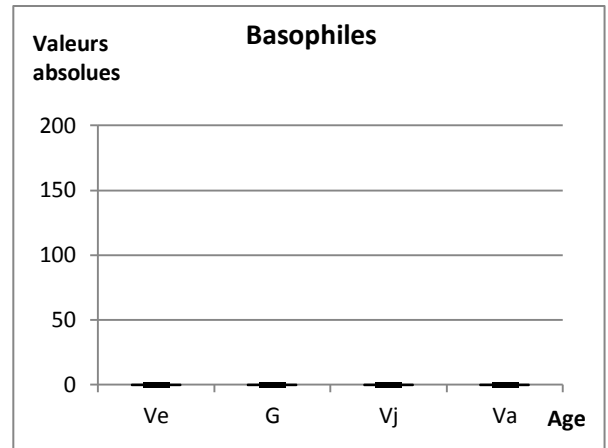
Ve : velle, G : génisse, Vj : vache jeune, Va : vache âgée

Diagramme 11: Variation des neutrophiles en fonction de l'âge



Ve : velle, G : génisse, Vj : vache jeune, Va : vache âgée

Diagramme 12: Variation des éosinophiles en fonction de l'âge



Ve : velle, G : génisse, Vj : vache jeune, Va : vache âgée

Diagramme 13: Variation des basophiles en fonction de l'âge

Tableau 11 : Variations des paramètres de la lignée blanche en fonction de l'âge et degré de signification statistique

Paramètres	Ve	G	Vj	Va	Valeur P
GB ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	13,2 ^a ± 5,3	7,6 ^b ± 3,3	7,2 ^b ± 2,5	7,8 ^b ± 2,4	P<0,0001
LYM ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	7,70 ^a ± 3,87	5,21 ^b ± 2,54	3,32 ^c ± 1,33	3,73 ^{bc} ± 1,25	P<0,0001
MON ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	1,08 ^a ± 0,84	0,38 ^b ± 0,18	0,33 ^b ± 0,24	0,32 ^b ± 0,16	P<0,0001
NEU ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	4,39 ^a ± 1,38	1,78 ^c ± 0,82	3,12 ^b ± 1,08	3,44 ^b ± 1,55	P<0,0001
EOS ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	0,03 ^b ± 0,07	0,23 ^a ± 0,31	0,39 ^a ± 0,26	0,31 ^a ± 0,32	P<0,01
BASO ($\times 10^2/\mu\text{L}$)	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	-

Ve : velle, G : génisse, Vj : vache jeune, Va : vache âgée

Les valeurs qui ne portent pas les mêmes lettres dans la même ligne, diffèrent significativement ($p < 0.05$)

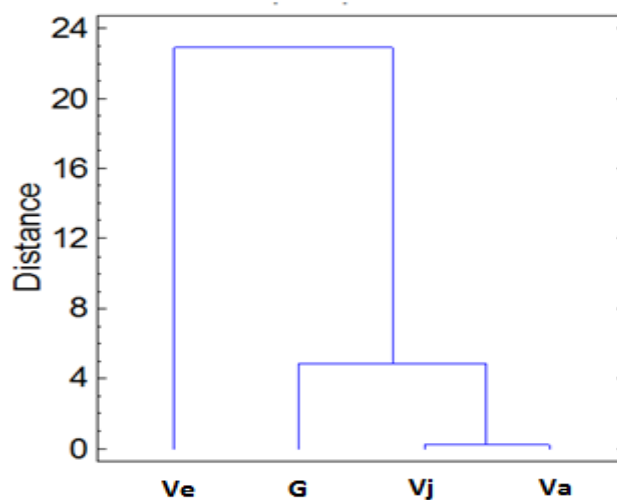


Figure 11 : dendrogramme de la lignée blanche en fonction de l'âge

2.1.2. Interprétation :

Dans les deux tableaux 10 et 11, les résultats montrent que l'âge a une influence significative sur tous les paramètres hématologiques.

Les valeurs faibles en GR, Hb, Ht et VGM sont observées chez les Velles ($p < 0,0001$). Elles sont respectivement ($4,7 \times 10^6/\mu\text{L}$, 8,2 g/dL, 19,1 % et $40,2 \mu\text{m}^3$). Par contre, cette tranche d'âge présente les valeurs les plus élevées en TGMH (19,4 pg) et CCMH (49,5 g/dL), avec un degré de signification de ($p < 0,001$) ainsi que les PLA ($719,7 \times 10^3/\mu\text{L}$) avec un degré de signification ($p < 0,0001$).

Le dendrogramme dans la figure 10, montre que les paramètres de la lignée rouge et des indices érythrocytaires sont répartis sur trois groupes. Le premier est composé des résultats des velles qui sont très éloignés des autres groupes d'âge, le second est composé de ceux des génisses et le troisième de ceux des vaches jeunes et âgées. Ces deux derniers groupes semblent très rapprochés.

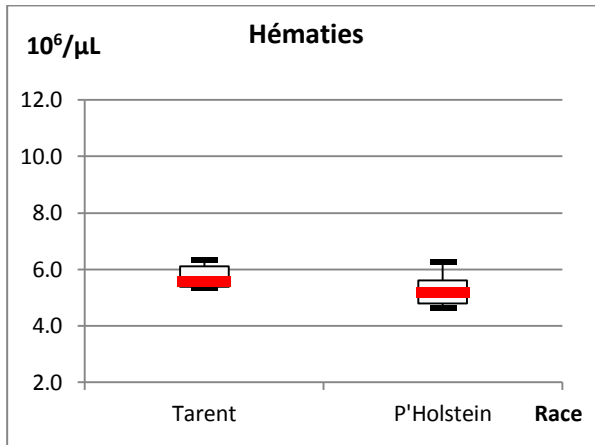
Pour la lignée blanche, les teneurs les plus élevées en GB, LYM, MONO et NEU sont observées également chez les velles ($p < 0,0001$), contrairement aux EOS où elles sont les plus faibles significativement ($p < 0,01$).

Le dendrogramme présenté dans la figure 11, montre que les variations de la lignée blanche en fonction de l'âge sont divisées en trois groupes. Le premier comprend les résultats des velles qui sont très éloignées des autres groupes d'âge. Le deuxième comprend ceux des génisses et le troisième ceux des vaches jeunes et âgées. Ces deux derniers groupes semblent très proches l'un de l'autre.

Toutes les valeurs citées ci-dessus entrent dans les intervalles physiologiques des bovins rapportés par la plupart des auteurs, à l'exception de la TGMH et de la CCMH ainsi que les monocytes qui sont au-delà des limites supérieures. Cette constatation n'a pas été vérifiée statistiquement.

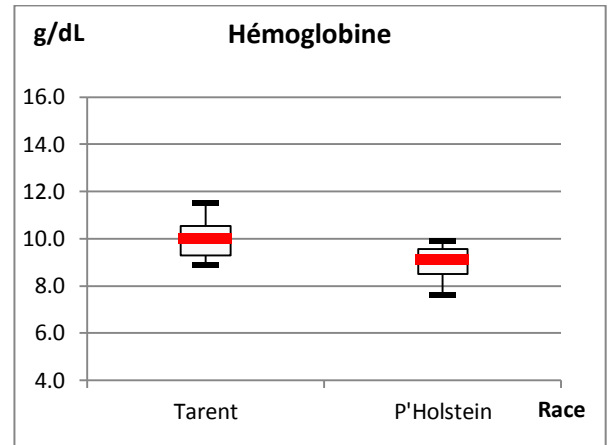
2.2. Race

2.2.1. Résultats graphiques et statistiques



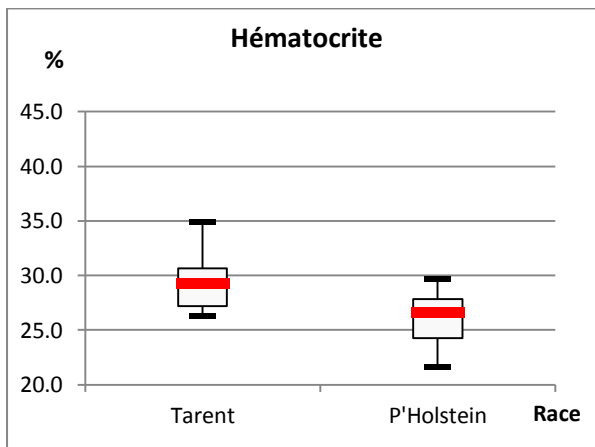
Tarent :tarentaise, P'Holstein: Prim'Holstein

Diagramme 14: Variation des globules rouges en fonction de la race



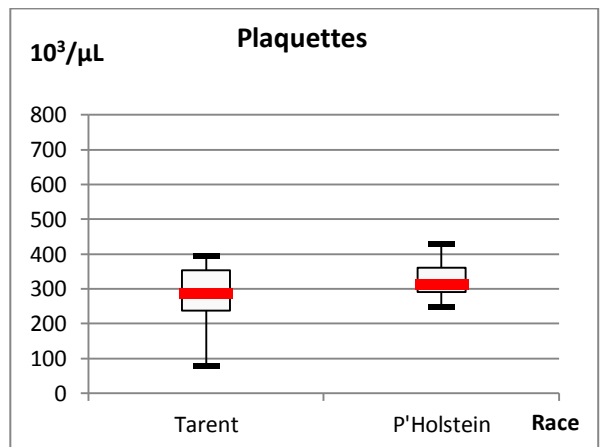
Tarent :tarentaise, P'Holstein: Prim'Holstein

Diagramme 15: Variation de l'hémoglobine en fonction de la race



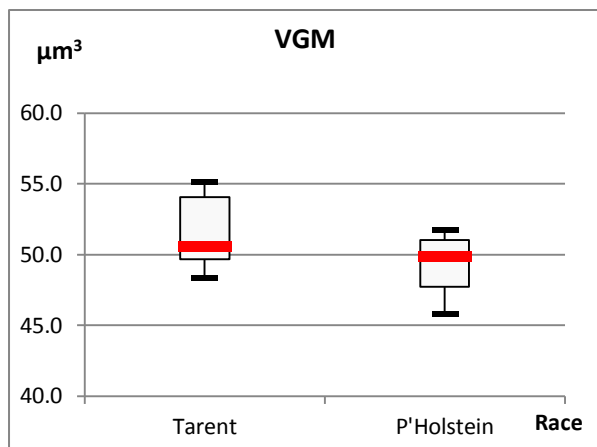
Tarent :tarentaise, P'Holstein: Prim'Holstein

Diagramme 16: Variation de l'hématocrite en fonction de la race



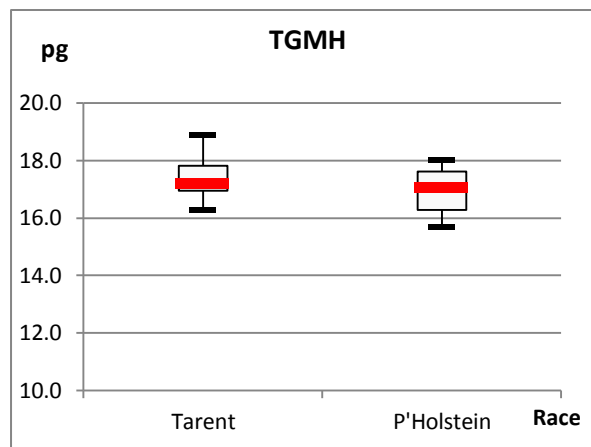
Tarent :tarentaise, P'Holstein: Prim'Holstein

Diagramme 17: Variation des plaquettes en fonction de la race



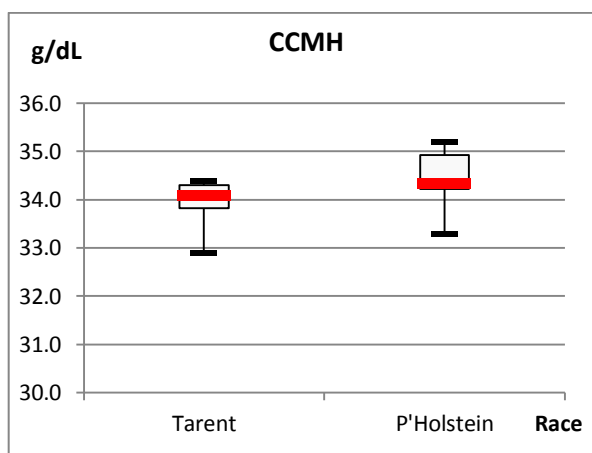
Tarent :tarentaise, P'Holstein: Prim'Holstein

Diagramme 18: Variation du volume globulaire moyen en hémoglobine en fonction de la race



Tarent :tarentaise, P'Holstein: Prim'Holstein

Diagramme 19: Variation de la teneur globulaire moyenne en hémoglobine en fonction de la race



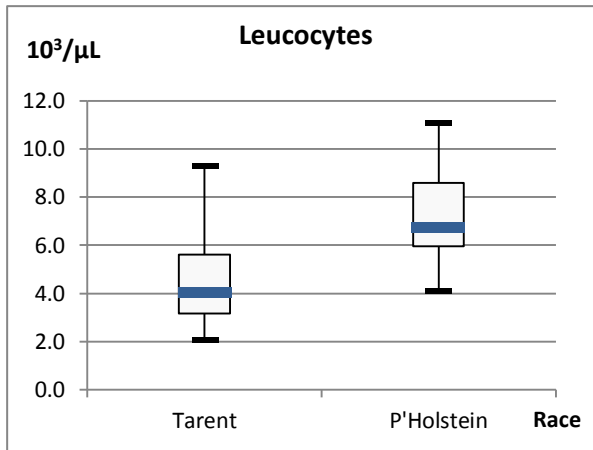
Tarent :tarentaise, P'Holstein: Prim'Holstein

Diagramme 20: Variation de la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine en fonction de la race

Tableau 12 : Variations des paramètres de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction de la race et degré de signification statistique

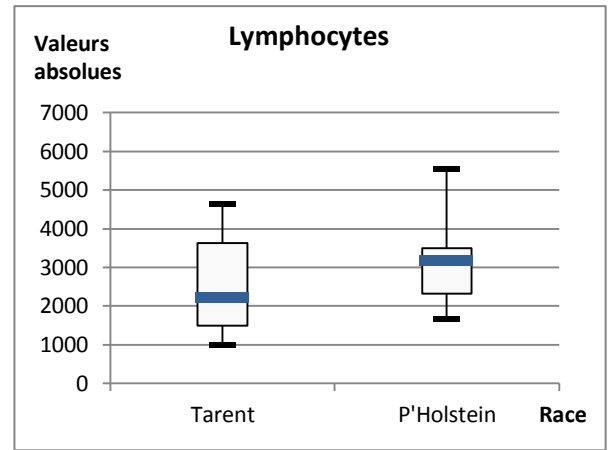
Paramètres	Tarent	P'Holstein	Valeur P
GR ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	$5,7 \pm 0,5$	$5,3 \pm 0,6$	-
Hb (g/dL)	$10,0 \pm 1,0$	$9,0 \pm 0,9$	-
Ht (%)	$29,6 \pm 3,2$	$26,1 \pm 3,0$	-
VGM (μm^3)	$51,6 \pm 2,9$	$49,3 \pm 2,4$	-
TGMH (pg)	$17,4 \pm 0,9$	$17,0 \pm 0,9$	-
CCMH (g/dL)	$33,9 \pm 0,6$	$34,4 \pm 0,7$	-
PLA ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	$273,3 \pm 114,2$	$326,8 \pm 65,2$	-

Tarent :tarentaise, P'Holstein :Prim'Holstein



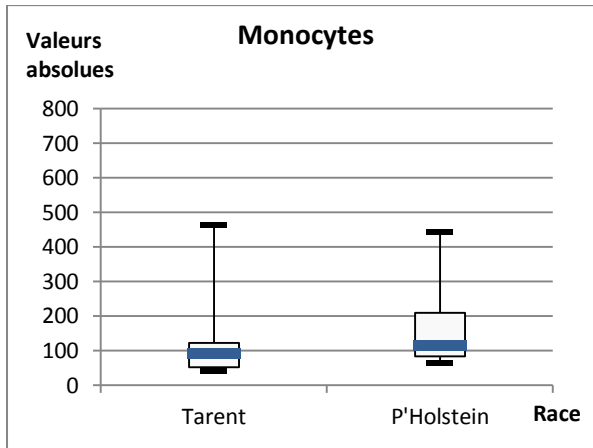
Tarent :tarentaise, P'Holstein: Prim'Holstein

Diagramme 21: Variation des globules blancs en fonction de la race



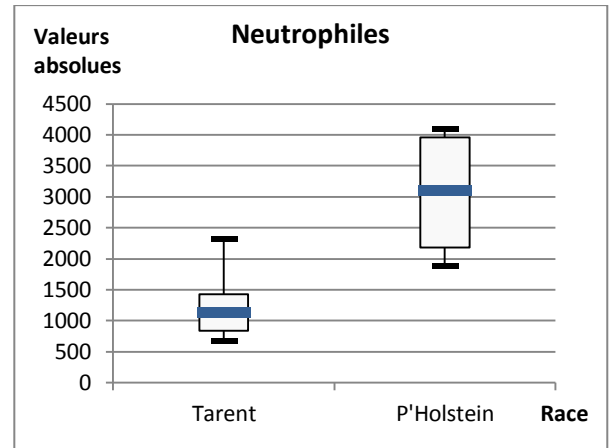
Tarent :tarentaise, P'Holstein: Prim'Holstein

Diagramme 22: Variation des lymphocytes en fonction de la race



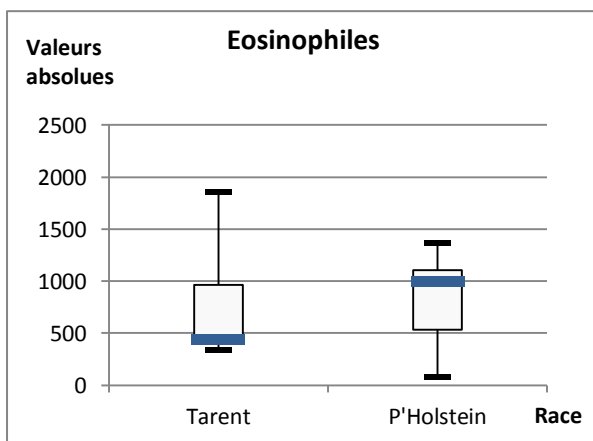
Tarent :tarentaise, P'Holstein: Prim'Holstein

Diagramme 23: Variation des monocytes en fonction de la race



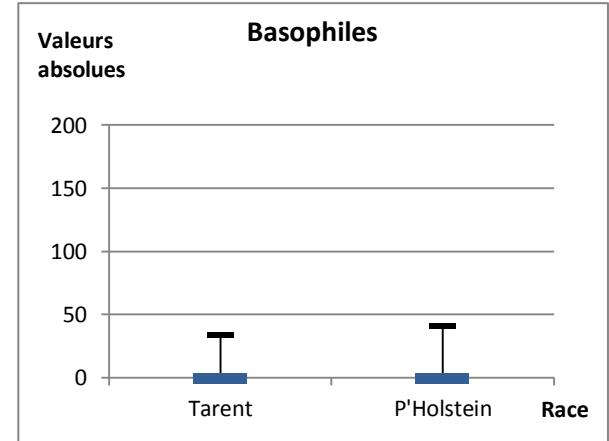
Tarent :tarentaise, P'Holstein: Prim'Holstein

Diagramme 24: Variation des neutrophiles en fonction de la race



Tarent :tarentaise, P'Holstein: Prim'Holstein

Diagramme 25: Variation des éosinophiles en fonction de la race



Tarent :tarentaise, P'Holstein: Prim'Holstein

Diagramme 26: Variation des basophiles en fonction de la race

Tableau 13 : Variations des paramètres de la lignée blanche en fonction de la race et degré de signification statistique

Paramètres	Tarent	P'Holstein	Valeur P
GB (x10³/μL)	4,8 ± 2,6	7,3 ± 2,5	-
LYM (x10³/μL)	2,57 ± 1,46	3,20 ± 1,35	-
MON (x10³/μL)	0,14 ± 0,16	0,17 ± 0,14	-
NEU (x10³/μL)	1,25 ± 0,61	3,05 ± 1,02	P<0,01
EOS (x10³/μL)	0,76 ± 0,60	0,82 ± 0,48	-
BASO (x10²/μL)	0,05 ± 0,13	0,06 ± 0,16	-

Tarent : tarentaise, P'Holstein : Prim'Holstein

2.2.2. Interprétation :

La race ne semble pas avoir une influence significative sur les variations des paramètres hématologiques. Toutes les moyennes enregistrées ne diffèrent pas significativement (Tableaux 12 et 13), sauf pour les NEU qui sont significativement plus élevés chez la race Prim'holstein (3050 cellules/μL) contre (1254 cellules/μL) chez la race tarentaise. Le degré de signification est de (p<0,01).

Il est à noter que toutes les valeurs sanguines rapportées antérieurement sont comprises dans les fourchettes physiologiques citées par les données bibliographiques.

2.3. Sexe

Nous rappelons que les animaux choisis pour ce facteur sont des jeunes velles et veaux dont l'âge ne dépasse pas les 2 mois.

2.3.1. Résultats graphiques et statistiques

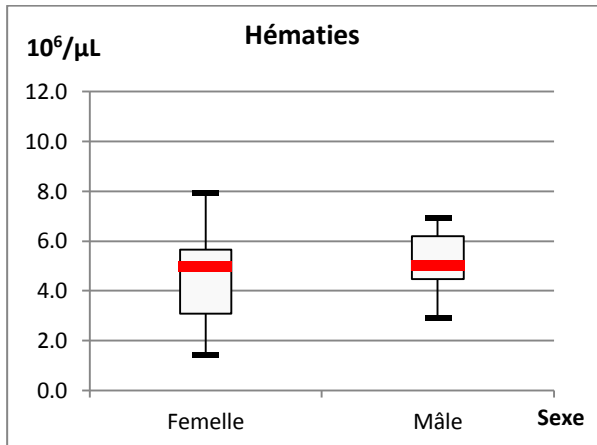


Diagramme 27: Variation des globules rouges en fonction du sexe

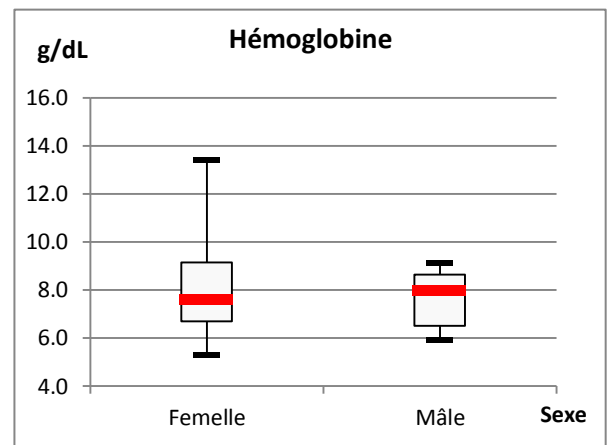


Diagramme 28: Variation de l'hémoglobine en fonction du sexe

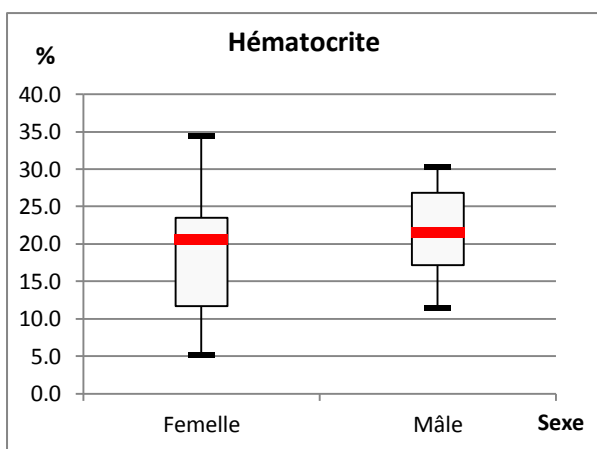


Diagramme 29: Variation de l'hématocrite en fonction du sexe

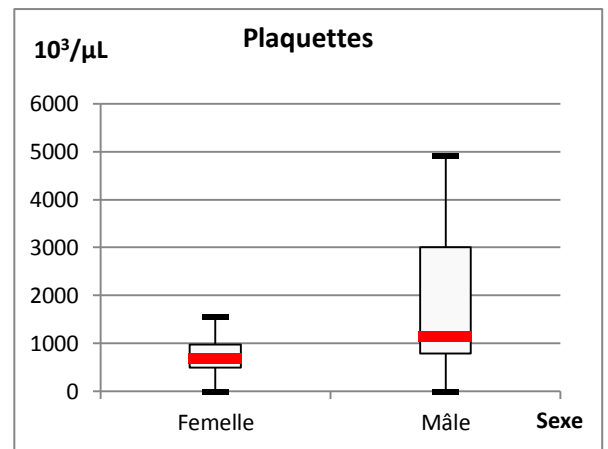


Diagramme 30: Variation des plaquettes en fonction du sexe

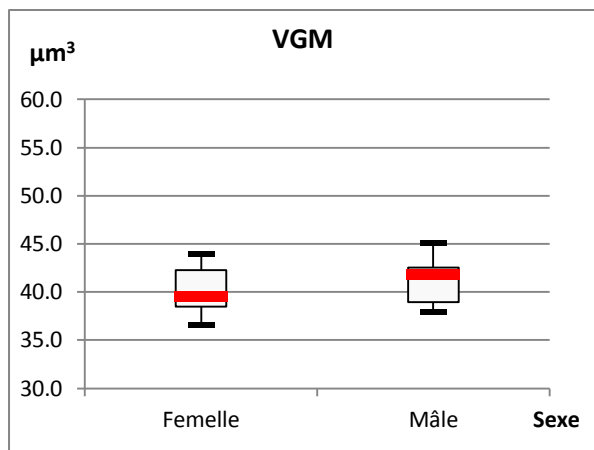


Diagramme 31: Variation du volume globulaire moyen en fonction du sexe

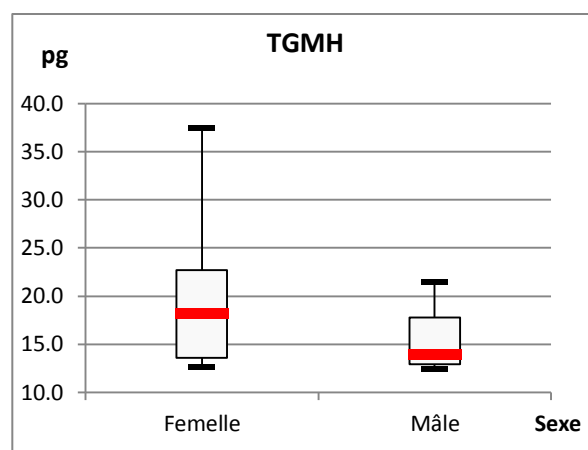


Diagramme 32: Variation de la teneur globulaire moyenne en hémoglobine en fonction du sexe

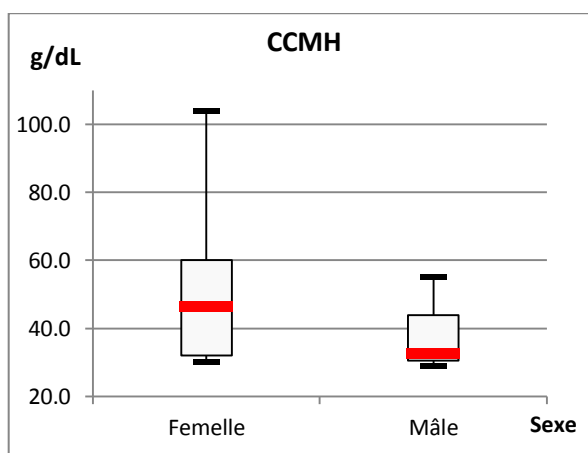


Diagramme 33: Variation de la concentration corpusculaire Moyenne en fonction du sexe

Tableau 14 : Variations des paramètres de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction du sexe et degré de signification statistique

Paramètres	Femelle	Mâle	Valeur P
GR ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	$4,7 \pm 1,9$	$5,2 \pm 1,2$	-
Hb (g/dL)	$8,2 \pm 2,1$	$7,6 \pm 1,2$	-
Ht (%)	$19,1 \pm 8,5$	$21,5 \pm 6,0$	-
VGM (μm^3)	$40,2 \pm 2,4$	$41,1 \pm 2,3$	-
TGMH (pg)	$19,4 \pm 6,6$	$15,2 \pm 3,0$	$P < 0,05$
CCMH (g/dL)	$49,5 \pm 19,8$	$37,4 \pm 8,8$	$P < 0,05$
PLA ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	$719,7 \pm 434,0$	$1832,7 \pm 1638,6$	$P < 0,05$

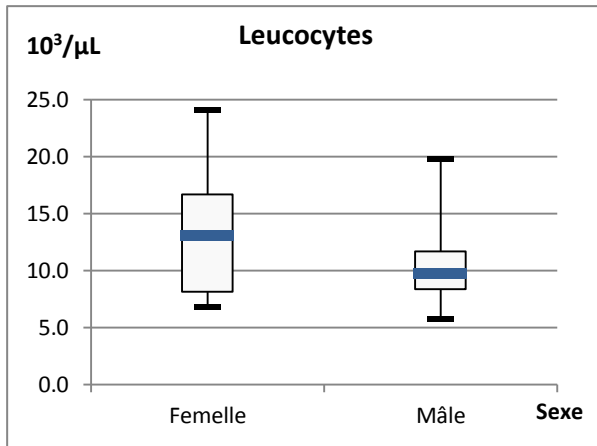


Diagramme 34: Variation des globules blancs en fonction du sexe

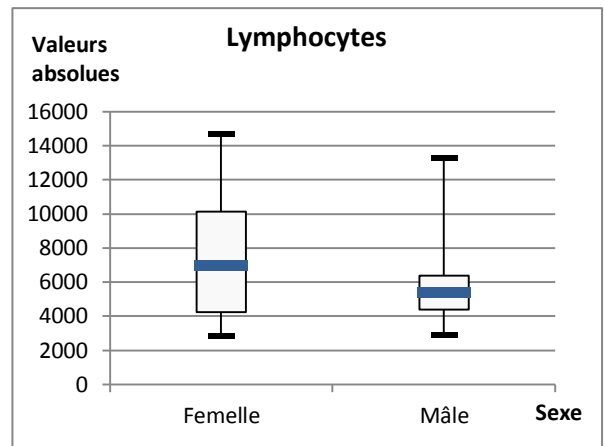


Diagramme 35: Variation des lymphocytes en fonction du sexe

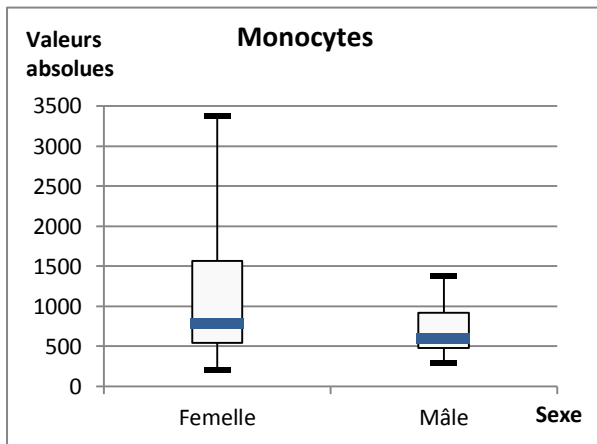


Diagramme 36: Variation des monocytes en fonction du sexe

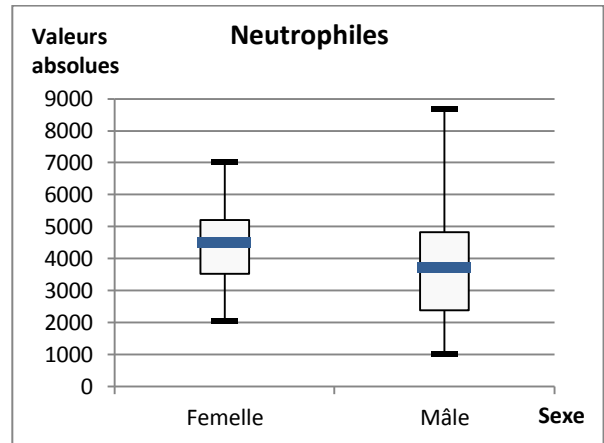


Diagramme 37: Variation des neutrophiles en fonction du sexe

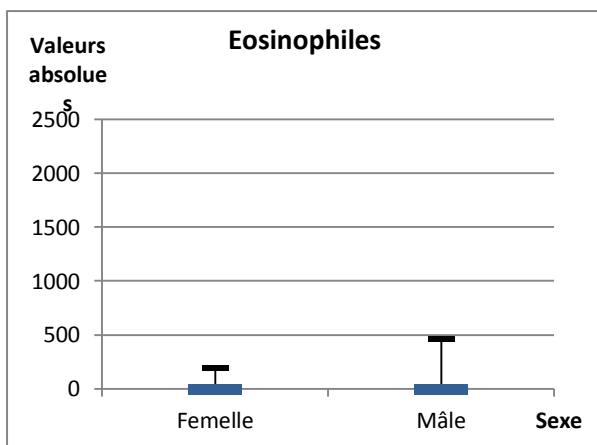


Diagramme 38: Variation des éosinophiles en fonction du sexe

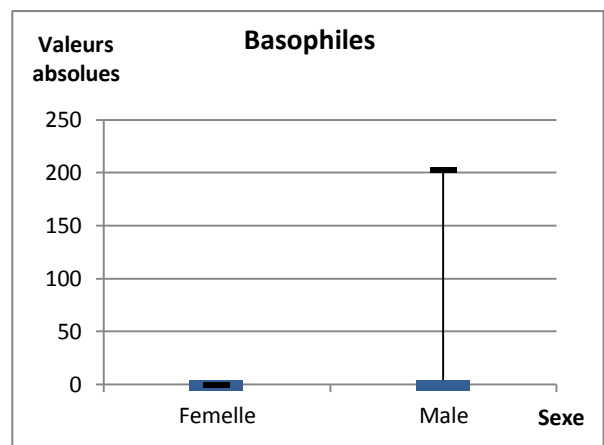


Diagramme 39: Variation des basophiles en fonction du sexe

Tableau 15 : Variations des paramètres de la lignée blanche en fonction du sexe et degré de signification statistique

Paramètres	Femelle	mâle	Valeur P
GB (x10³/μL)	13,2 ± 5,3	10,8 ± 4,3	-
LYM (x10³/μL)	7,70 ± 3,87	6,15 ± 2,73	-
MON (x10³/μL)	1,08 ± 0,84	0,70 ± 0,35	-
NEU (x10³/μL)	4,39 ± 1,38	3,91 ± 2,11	-
EOS (x10³/μL)	0,03 ± 0,07	0,03 ± 0,12	-
BASO (x10²/μL)	0,0 ± 0,0	0,23 ± 0,63	-

2.3.2. Interprétation :

Dans le tableau 14, il est révélé que les femelles présentent des valeurs de TGMH et de CCMH (19,4 pg et 49,5 g/dL) significativement plus élevées que celles des mâles (15,2 pg et 37,4 g/dL), avec un degré de signification de ($p < 0,05$). A l'opposé, le taux de PLA est plus élevé de façon significative chez les mâles ($1833,7 \times 10^3/\mu\text{L}$) contre ($719,7 \times 10^3/\mu\text{L}$) chez les femelles, avec un degré de signification de ($p < 0,05$).

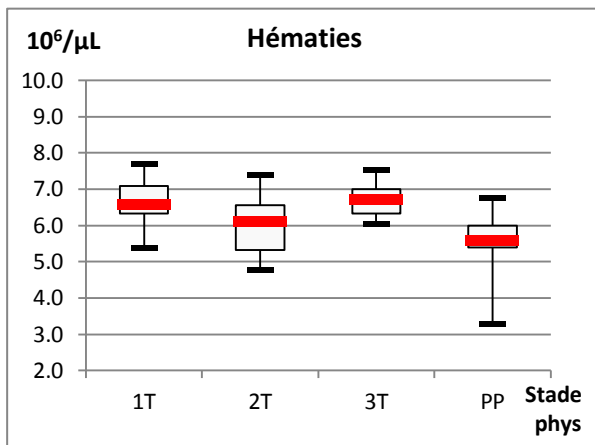
Concernant la lignée blanche, les variations ne sont pas significatives pour toutes les cellules, (Tableau 15).

Néanmoins, toutes les valeurs hématologiques pour ce facteur sont comprises dans les fourchettes physiologiques citées dans la bibliographie. Il est à noter que le taux d'hématocrite est inférieur à la normale chez les femelles et les mâles (respectivement 19,1 % et 21,5 %). Le seuil minimal rapporté par la bibliographie est de 24 %. La CCMH et les monocytes sont supérieurs à la normale chez les femelles comparativement aux données bibliographiques (49,5 g/dL contre 36 g/dL pour la CCMH et 1080 cellules/ μL contre 840 cellules/ μL pour les monocytes). Les mâles ont un taux plaquettaire très élevé par rapport aux normes physiologiques des bovins ($1833 \times 10^3/\mu\text{L}$ contre $800 \times 10^3/\mu\text{L}$). Cependant, ces points n'ont pas été confirmés statistiquement.

2.4. Stade physiologique

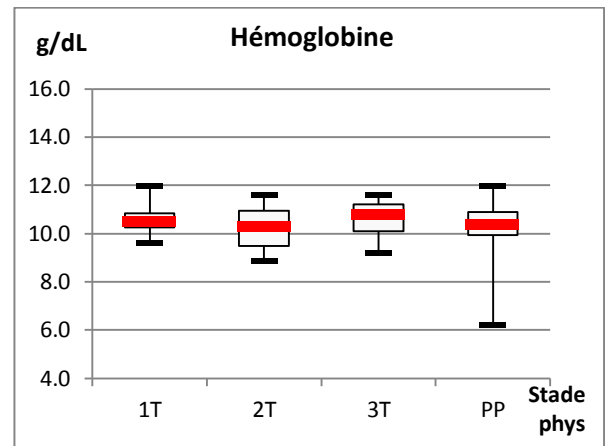
Compte tenu de l'importance des différents stades physiologiques de la vache laitière, nous avons jugé utile de traiter l'influence de ces derniers sur les paramètres hématologiques ainsi que sur quelques minéraux (Na, K, Cl, Ca et P).

2.4.1. Résultats graphiques et statistiques



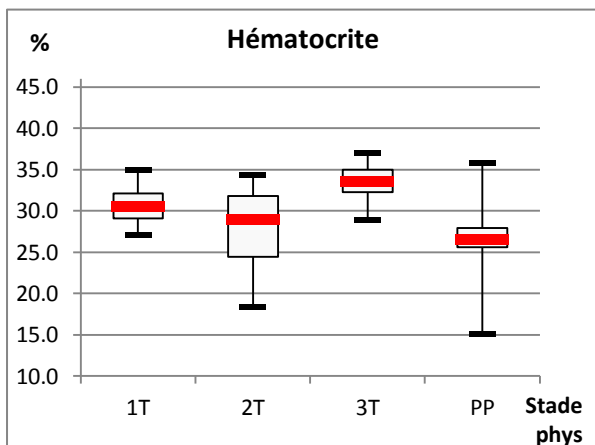
1T : 1^{er} tiers, 2T : 2^{ème} tiers, 3T : tarie, PP : post-partum

Diagramme 40: Variation des globules rouges en fonction du stade physiologique



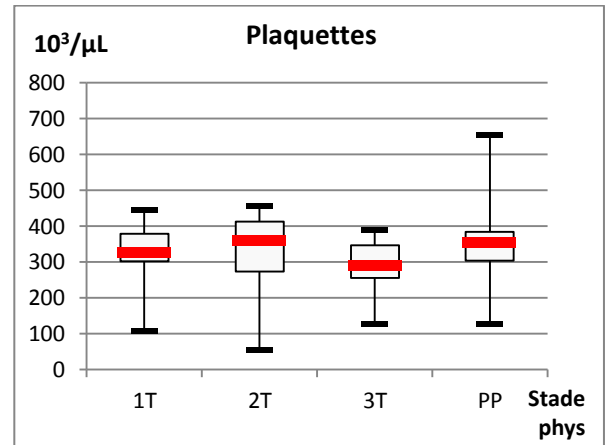
1T : 1^{er} tiers, 2T : 2^{ème} tiers, 3T : tarie, PP : post-partum

Diagramme 41: Variation de l'hémoglobine en fonction du stade physiologique



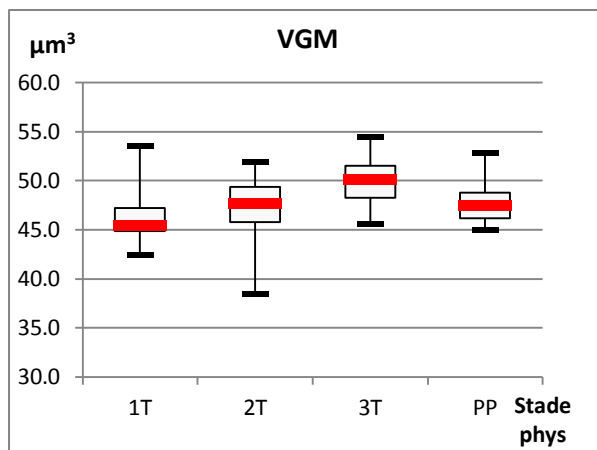
1T : 1^{er} tiers, 2T : 2^{ème} tiers, 3T : tarie, PP : post-partum

Diagramme 42: Variation de l'hématocrite en fonction du stade physiologique



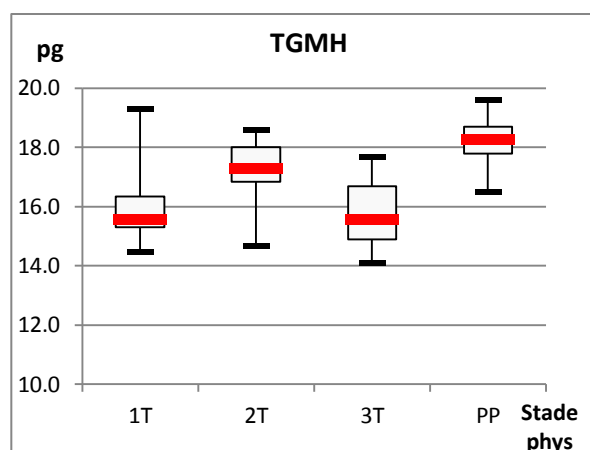
1T : 1^{er} tiers, 2T : 2^{ème} tiers, 3T : tarie, PP : post-partum

Diagramme 43: Variation des plaquettes en fonction du stade physiologique



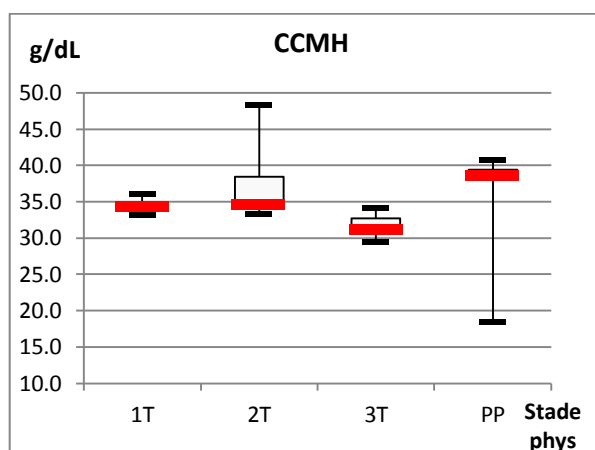
1T : 1^{er} tiers, 2T : 2^{ème} tiers, 3T : tarie, PP : post-partum

Diagramme 44: Variation du volume globulaire moyen en hémoglobine en fonction du stade physiologique



1T : 1^{er} tiers, 2T : 2^{ème} tiers, 3T : tarie, PP : post-partum

Diagramme 45: Variation de la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine en fonction du stade physiologique



1T : 1^{er} tiers, 2T : 2^{ème} tiers, 3T : tarie, PP : post-partum

Diagramme 46: Variation de la concentration corpusculaire Moyenne en hémoglobine en fonction du stade physiologique

Tableau 16: Variations des paramètres de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction du stade physiologique et degré de signification statistique

Paramètres	1T	2T	3T	PP	Valeur P
GR ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	6,6 ^a ± 0,6	6,0 ^b ± 0,8	6,7 ^a ± 0,5	5,6 ^b ± 0,8	P<0,0001
Hb (g/dL)	10,6 ^a ± 0,6	10,2 ^a ± 0,9	10,6 ^a ± 0,7	10,2 ^a ± 0,1	-
Ht (%)	30,6 ^b ± 2,0	28,1 ^{bc} ± 4,7	33,6 ^a ± 2,2	26,8 ^c ± 4,4	P<0,0001
VGM (μm^3)	46,4 ^b ± 2,7	47,0 ^b ± 3,6	49,9 ^a ± 2,4	47,7 ^{ab} ± 2,2	P<0,01
TGMH (pg)	16,0 ^c ± 1,3	17,2 ^b ± 1,1	15,8 ^c ± 1,2	18,2 ^a ± 0,7	P<0,0001
CCMH (g/dL)	34,5 ^a ± 0,8	36,8 ^a ± 4,2	31,7 ^b ± 1,4	37,1 ^a ± 5,6	P<0,001
PLA ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	332,7 ^a ± 82,7	319,6 ^a ± 128,2	288,4 ^a ± 80,9	347,9 ^a ± 122,8	-

1T : 1^{er} tiers, 2T : 2^{ème} tiers, 3T : tarie, PP : post-partum

Les valeurs qui ne portent pas les mêmes lettres dans la même ligne, diffèrent significativement ($p < 0.05$)

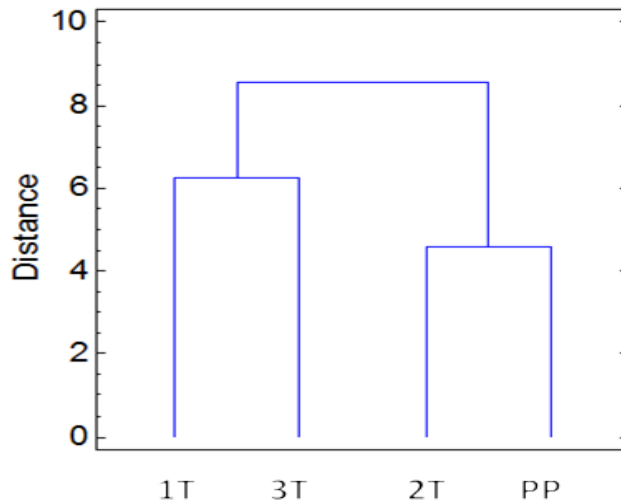
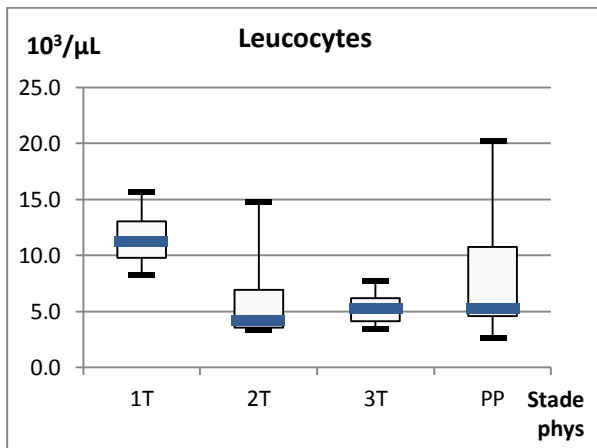
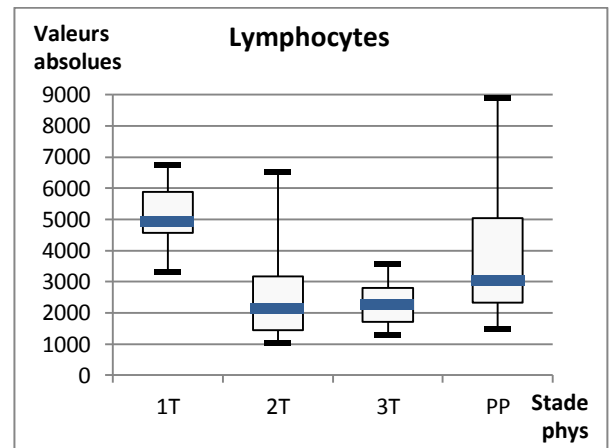


Figure 12 : dendrogramme de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction du stade physiologique



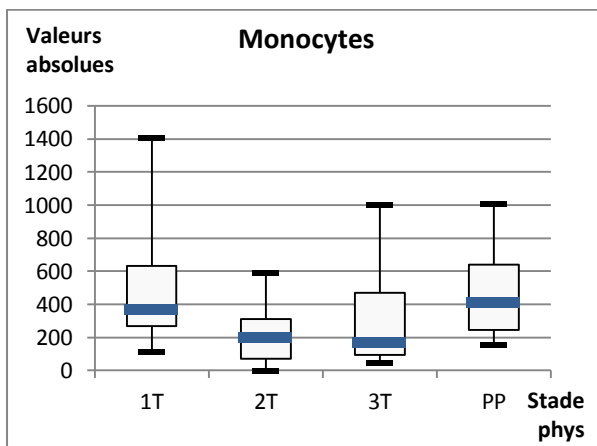
1T : 1^{er} tiers, 2T : 2^{ème} tiers, 3T : tarie, PP : post-partum

Diagramme 47: Variation des globules blancs en fonction du stade physiologique



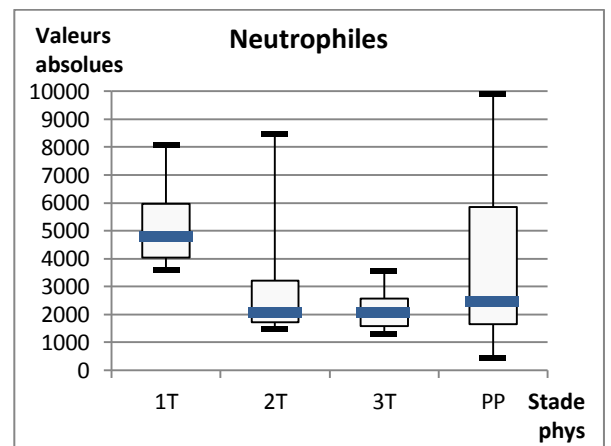
1T : 1^{er} tiers, 2T : 2^{ème} tiers, 3T : tarie, PP : post-partum

Diagramme 48: Variation des lymphocytes en fonction du stade physiologique



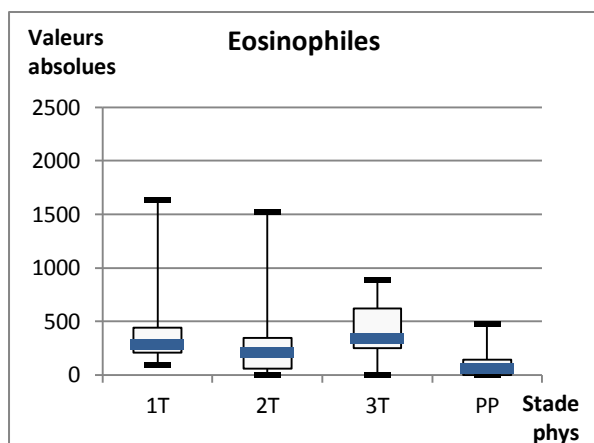
1T : 1^{er} tiers, 2T : 2^{ème} tiers, 3T : tarie, PP : post-partum

Diagramme 49: Variation des monocytes en fonction du stade physiologique



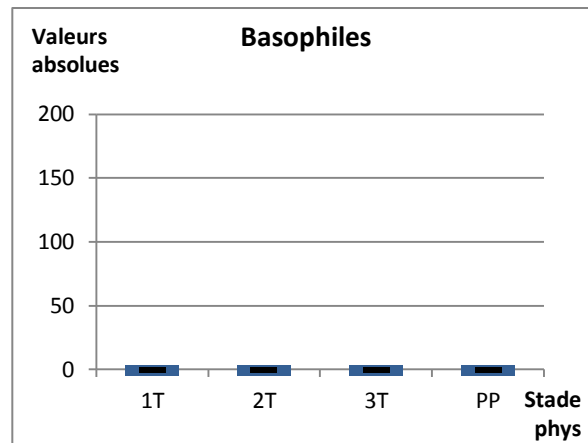
1T : 1^{er} tiers, 2T : 2^{ème} tiers, 3T : tarie, PP : post-partum

Diagramme 50: Variation des neutrophiles en fonction du stade physiologique



1T :1^{er} tiers, 2T :2^{ème} tiers, 3T :tarie, PP :post-partum

Diagramme 51: Variation des éosinophiles en fonction du stade physiologique



1T :1^{er} tiers, 2T :2^{ème} tiers, 3T :tarie, PP :post-partum

Diagramme 52: Variation des basophiles en fonction du stade physiologique

Tableau 17 : Variations des paramètres de la lignée blanche en fonction du stade physiologique et degré de signification statistique

Paramètres	1T	2T	3T	PP	Valeur P
GB (x10 ³ /μL)	11,3 ^a ± 2,2	6,4 ^{bc} ± 4,1	5,2 ^c ± 1,3	8,0 ^b ± 4,9	P<0,001
LYM (x10 ³ /μL)	5,10 ^a ± 1,02	2,69 ^{bc} ± 1,73	2,33 ^c ± 0,74	3,80 ^b ± 2,13	P<0,0001
MON (x10 ³ /μL)	0,51 ^a ± 0,37	0,20 ^c ± 0,16	0,32 ^{bc} ± 0,30	0,45 ^b ± 0,25	P<0,05
NEU (x10 ³ /μL)	5,28 ^a ± 1,49	3,10 ^{bc} ± 2,23	2,11 ^c ± 0,67	3,63 ^b ± 2,82	P<0,001
EOS (x10 ³ /μL)	0,42 ^a ± 0,40	0,34 ^{bc} ± 0,44	0,40 ^b ± 0,26	0,11 ^c ± 0,14	-
BASO (x10 ² /μL)	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	-

1T :1^{er} tiers, 2T :2^{ème} tiers, 3T :tarie, PP :post-partum

Les valeurs qui ne portent pas les mêmes lettres dans la même ligne, diffèrent significativement (p<0.05)

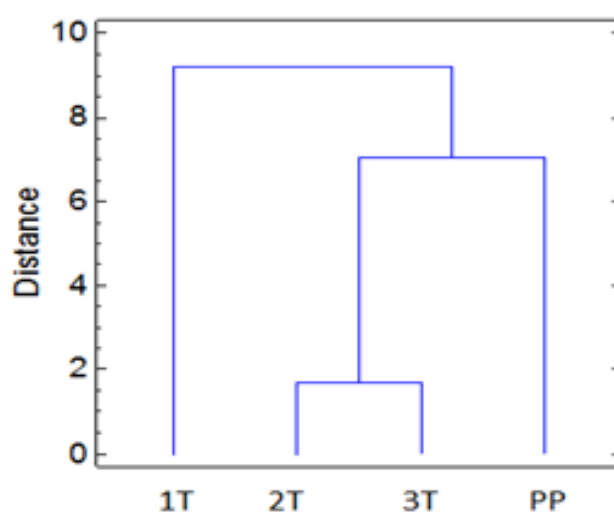
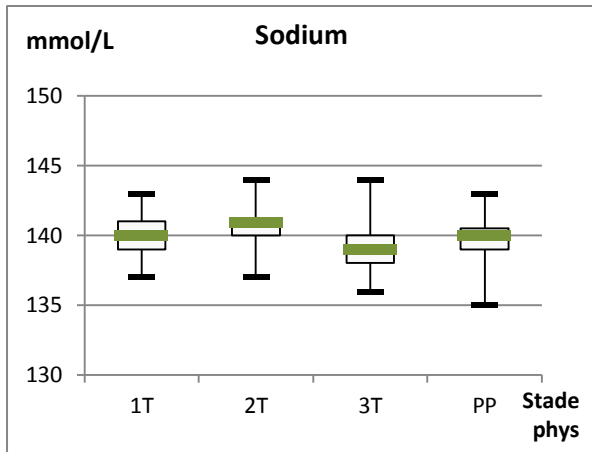
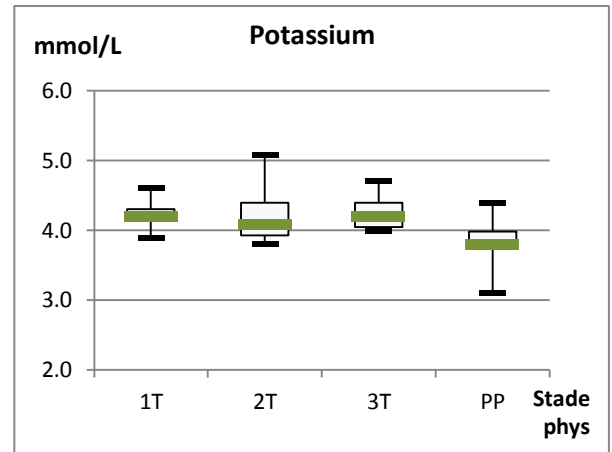


Figure 13 : dendrogramme de la lignée blanche en fonction du stade physiologique



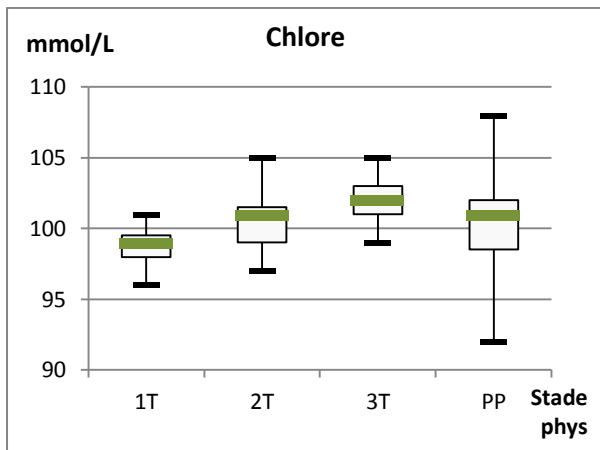
1T : 1^{er} tiers, 2T : 2^{ème} tiers, 3T : tarie, PP : post-partum

Diagramme 53: Variation du sodium en fonction du stade physiologique



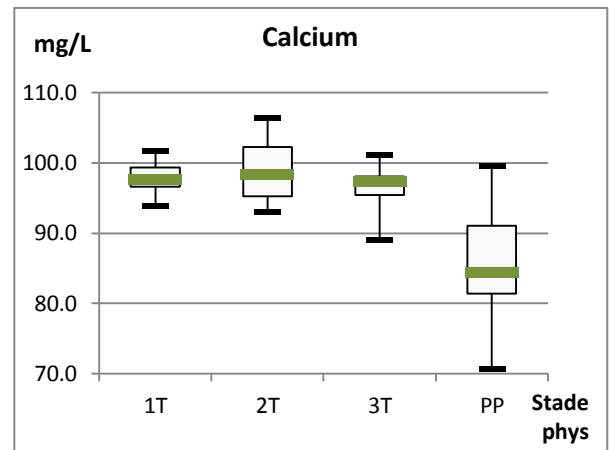
1T : 1^{er} tiers, 2T : 2^{ème} tiers, 3T : tarie, PP : post-partum

Diagramme 54: Variation du potassium en fonction du stade physiologique



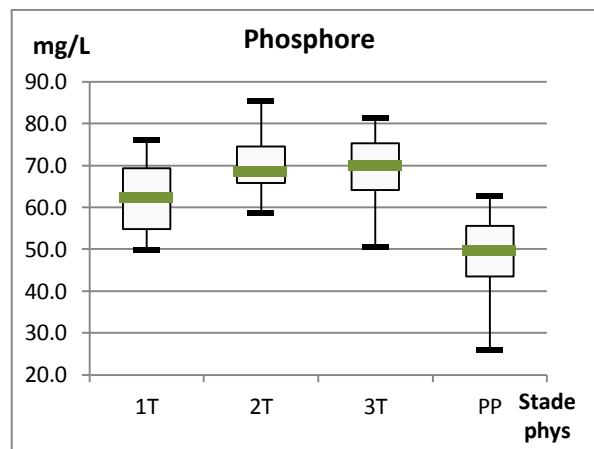
1T : 1^{er} tiers, 2T : 2^{ème} tiers, 3T : tarie, PP : post-partum

Diagramme 55: Variation du chlore en fonction du stade physiologique



1T : 1^{er} tiers, 2T : 2^{ème} tiers, 3T : tarie, PP : post-partum

Diagramme 56: Variation du calcium en fonction du stade physiologique



1T : 1^{er} tiers, 2T : 2^{ème} tiers, 3T : tarie, PP : post-partum

Diagramme 57: Variation du phosphore en fonction du stade physiologique

Tableau 18: Variations des ions en fonction du stade physiologique et degré de signification statistique

Paramètres	1T	2T	3T	PP	Valeur P
Na (mmol/L)	139,9 ^{ab} ± 1,8	140,6 ^a ± 1,7	139,0 ^b ± 1,9	139,8 ^{ab} ± 1,8	-
K (mmol/L)	4,2 ^a ± 0,2	4,2 ^a ± 0,4	4,3 ^a ± 0,2	3,8 ^b ± 0,3	P<0,001
Cl (mmol/L)	98,7 ^c ± 1,5	100,5 ^{ab} ± 2,1	102,1 ^a ± 1,6	100,3 ^{bc} ± 3,8	P<0,01
Ca (mg/L)	97,9 ^a ± 2,3	99,0 ^a ± 4,3	96,5 ^a ± 3,1	86,3 ^b ± 7,5	P<0,001
P (mg/L)	62,4 ^{bc} ± 8,2	70,2 ^a ± 7,3	68,7 ^b ± 8,1	48,2 ^c ± 10,7	P<0,001

1T :1^{er} tiers, 2T :2^{ème} tiers, 3T :tarie, PP :post-partum

Les valeurs qui ne portent pas les mêmes lettres dans la même ligne, diffèrent significativement ($p<0.05$)

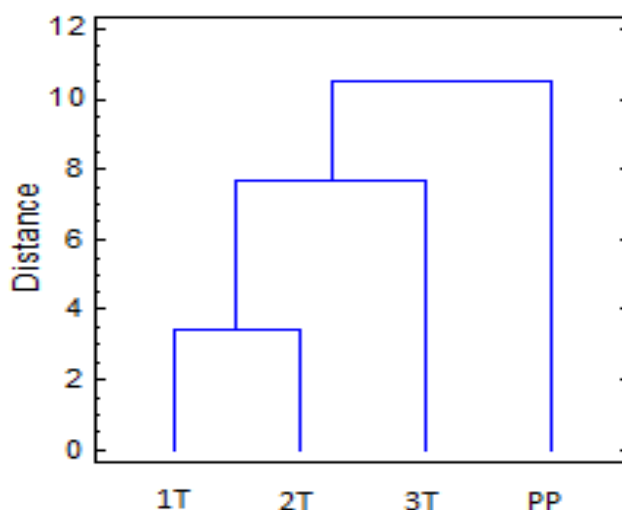


Figure 14: dendrogramme des ions en fonction du stade physiologique

2.4.2. Interprétation :

Les résultats présentés ci-dessus montrent clairement une influence significative sur la majorité des paramètres hématologiques et ioniques.

S'agissant de la lignée rouge, les valeurs révèlent une variation significative entre les différents stades physiologiques concernant les GR, l'Ht, le VGM, la TGMH et la CCMH, (Tableau 16). Les GR sont plus faibles au 2^{ème} tiers de gestation et lors du post-partum ($6 \times 10^6/\mu\text{L}$ et $5,6 \times 10^6/\mu\text{L}$ respectivement) par rapport au 1^{er} et 3^{ème} tiers de gestation ($6,6 \times 10^6/\mu\text{L}$ et $6,7 \times 10^6/\mu\text{L}$ respectivement) ($p<0,0001$).

L'Ht et la TGMH sont aussi différents significativement entre les stades physiologiques. Ainsi, l'Ht montre la valeur la plus basse au Post-partum, alors que la TGMH

révèle la valeur la plus haute ($p < 0,0001$). Le VGM présente une augmentation progressive durant les 3 tiers de gestation ($46,3 \mu\text{m}^3$, $47 \mu\text{m}^3$ et $49,9 \mu\text{m}^3$), pour chuter après lors du post-partum ($47,7 \mu\text{m}^3$), ($p < 0,01$). Pour la CCMH, le test des étendues multiples montre que ce paramètre est significativement plus faible lors du dernier tiers de gestation.

Ce facteur (stade physiologique) ne semble pas avoir une influence significative sur la teneur en Hb et en taux plaquettaire.

Le dendrogramme, présenté dans la figure 12, montre que les changements des paramètres de la lignée rouge en fonction du stade physiologique, sont répartis sur deux groupes. Les stades ayant les résultats les plus rapprochés sont le 1^{er} tiers et le 3^{ème} tiers d'une part, et ceux du 2^{ème} tiers et du post-partum d'autre part. Ces deux groupes sont à égales distance.

Pour ce qui est de la lignée blanche (Tableau 17), les valeurs les plus élevées sont enregistrées chez les vaches durant le 1^{er} tiers de gestation. Par contre, durant le 3^{ème} tiers, les vaches ont donné les valeurs les plus faibles significativement en GB ($5,2 \times 10^3/\mu\text{L}$) et LYM (2339 cellules/ μL) ($p < 0,0001$), ainsi que pour les NEU (2115 cellules/ μL) ($p < 0,001$). La valeur la plus faible significativement en MONO est observée chez les vaches en 2^{ème} tiers de gestation ($p < 0,05$). Lors du post-partum, les éosinophiles ont les valeurs les plus faibles sans pour autant être significatives.

Le dendrogramme montre clairement l'existence de trois groupes (Figure 13). Le premier étant celui du 1^{er} tiers de gestation, celui-ci diffère assez significativement des deux autres groupes. Néanmoins, le deuxième groupe qui englobe le 2^{ème} et le 3^{ème} tiers de gestation, donne des valeurs assez proches les unes des autres. Enfin, ces dernières sont assez différentes des résultats obtenus dans le 3^{ème} groupe post-partum.

Concernant les paramètres ioniques étudiés et à la lumière des données du tableau 18, on observe que le Na diminue légèrement durant le 3^{ème} tiers de gestation, sans pour autant être significatif. Les vaches en post-partum ont significativement les valeurs les plus basses en K ($p < 0,001$), en Ca et en P ($p < 0,0001$). Le Cl présente des différences significatives entre les stades physiologiques avec un degré de signification de ($p < 0,01$).

Sur le dendrogramme présenté dans la figure 14, il apparaît que la teneur en éléments minéraux varie entre trois groupes : le premier est celui représenté par les animaux du 1^{er} et 2^{ème} tiers de gestation dont les valeurs sont assez proches. Le second représenté par les vaches tarées, diffère significativement du groupe précédent et du groupe qui suit représenté par les vaches du post-partum.

Tous les paramètres du stade physiologique ci-dessus étudiés, sont compris dans les fourchettes physiologiques des bovins rapportés par la bibliographie. Le taux de calcium est légèrement inférieur à la limite minimale durant le post-partum. Le phosphore également est légèrement élevé durant le post-partum, un peu plus élevé lors de la gestation sans pour autant influencer sur le rapport phosphocalcique qui reste inférieur à 2 dans tous les stades étudiés. Ces variations par rapport aux normes bibliographiques n'ont pas été vérifiées statistiquement.

*Deuxième volet : Influence des facteurs extrinsèques sur quelques paramètres
hématologiques chez les bovins*

**1. Influence des facteurs extrinsèques sur quelques paramètres
hématologiques chez les bovins**

1.1. Saison

1.1.1. Résultats graphiques et statistiques

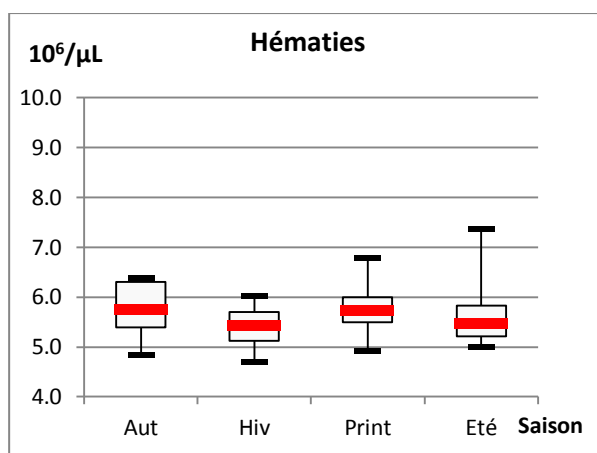


Diagramme 58: Variation des globules rouges en fonction de la saison

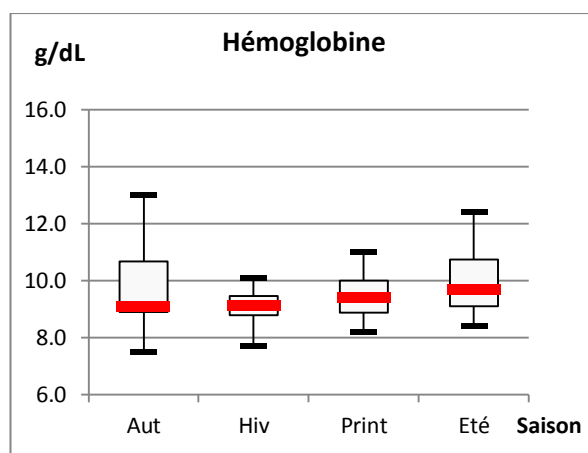


Diagramme 59: Variation de l'hémoglobine en fonction de la saison

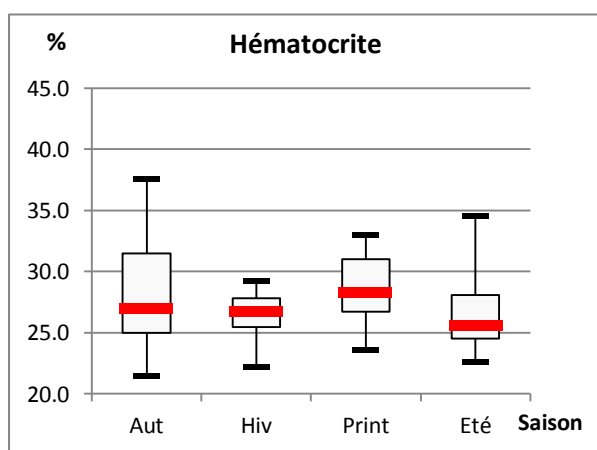


Diagramme 60: Variation de l'hématocrite en fonction de la saison

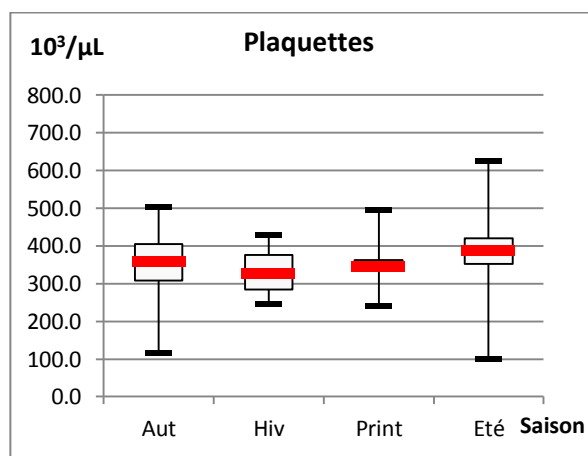


Diagramme 61: Variation des plaquettes en fonction de la saison

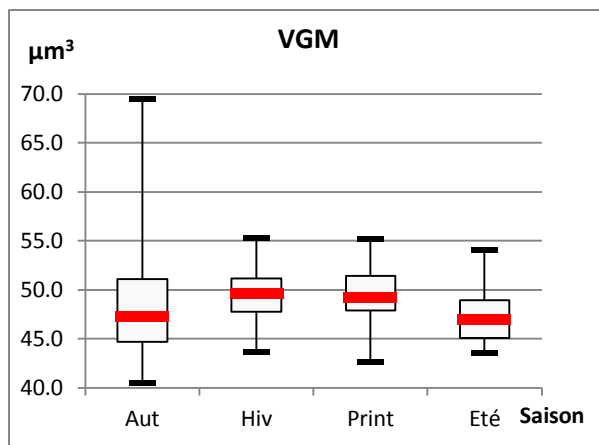


Diagramme 62: Variation du volume globulaire moyen en fonction de la saison

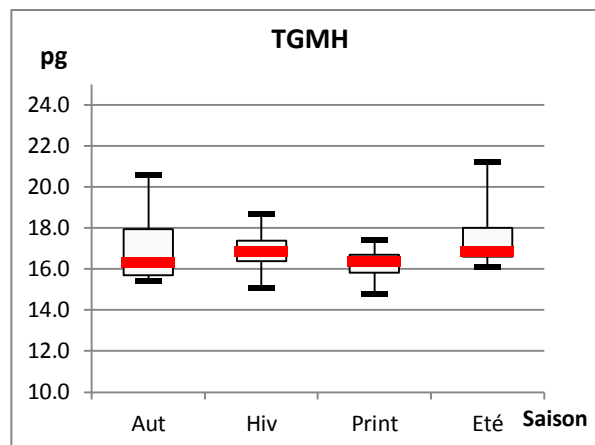


Diagramme 63: Variation de la teneur globulaire moyenne en hémoglobine en fonction de la saison

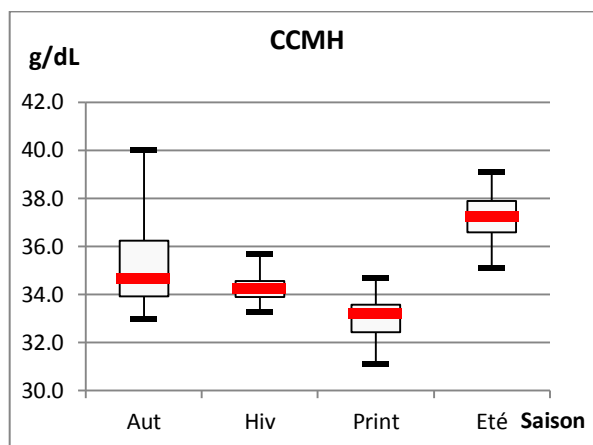


Diagramme 64: Variation de la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine en fonction de la saison

Tableau 19 : Variations des paramètres de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction de la saison et degré de signification statistique

Paramètres	Aut	Hiv	Print	Eté	Valeur P
GR ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	$5,78^a \pm 0,52$	$5,40^a \pm 0,38$	$5,80^a \pm 0,48$	$5,65^a \pm 0,66$	-
Hb (g/dL)	$9,84^a \pm 1,51$	$9,09^a \pm 0,65$	$9,42^a \pm 0,83$	$9,96^a \pm 1,18$	-
Ht (%)	$27,99^a \pm 4,55$	$26,52^b \pm 1,90$	$28,58^a \pm 2,93$	$26,75^b \pm 3,37$	$P < 0,05$
VGM (μm^3)	$49,09^a \pm 7,13$	$49,30^a \pm 3,09$	$49,38^a \pm 3,41$	$47,46^a \pm 3,15$	-
TGMH (pg)	$16,92^a \pm 1,55$	$16,81^a \pm 0,97$	$16,21^a \pm 0,77$	$17,65^a \pm 1,57$	-
CCMH (g/dL)	$35,21^b \pm 1,99$	$34,21^c \pm 0,65$	$32,97^d \pm 0,96$	$37,20^a \pm 1,18$	$P < 0,01$
PLA ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	$355,07^b \pm 98,49$	$330,93^d \pm 62,17$	$346,93^c \pm 65,09$	$379,57^a \pm 117,06$	$P < 0,001$

Les valeurs qui ne portent pas les mêmes lettres dans la même ligne, diffèrent significativement ($p < 0,05$)

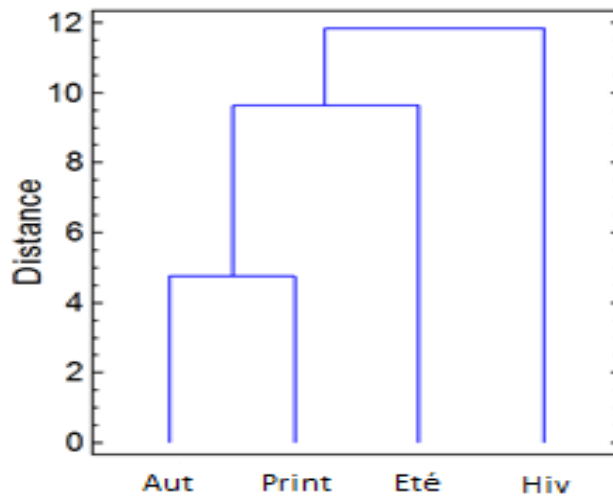


Figure 15: dendrogramme de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction de la saison

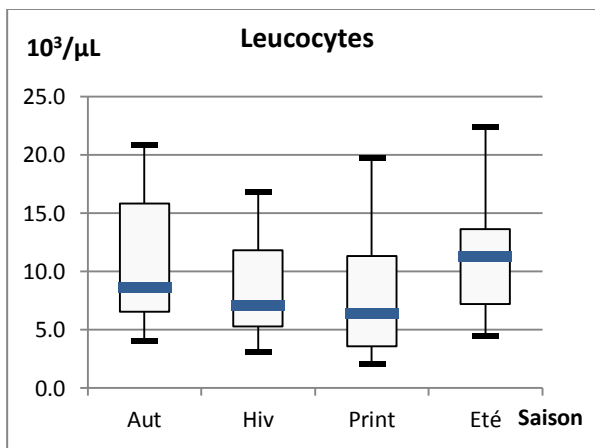


Diagramme 65: Variation des globules blancs en fonction de la saison

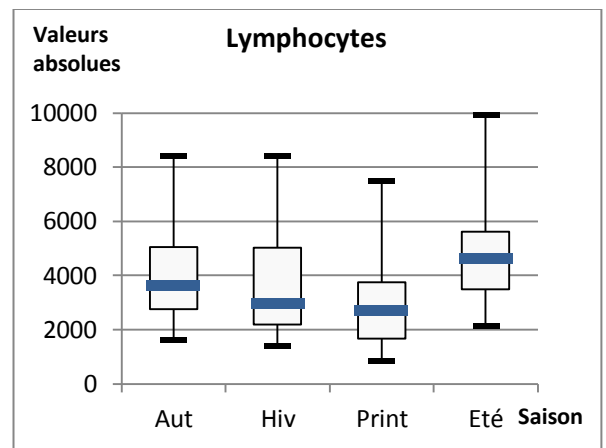


Diagramme 66: Variation des lymphocytes en fonction de la saison

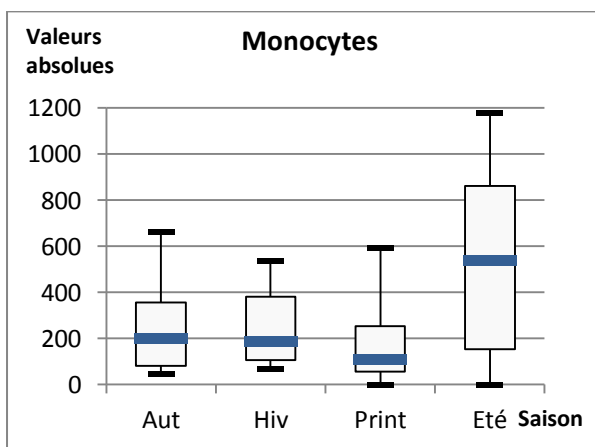


Diagramme 67: Variation des monocytes en fonction de la saison

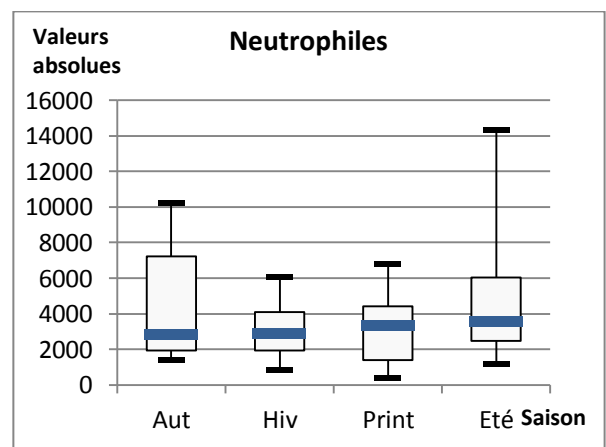


Diagramme 68: Variation des neutrophiles en fonction de la saison

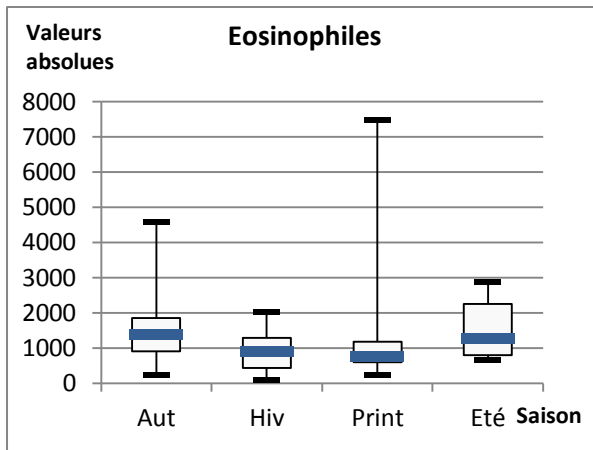


Diagramme 69: Variation des éosinophiles en fonction de la saison

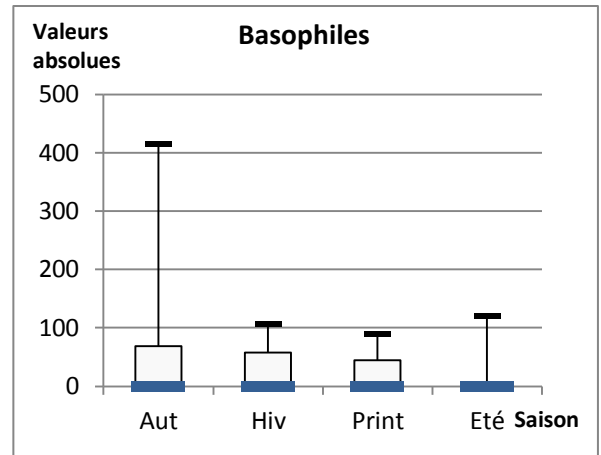


Diagramme 70: Variation des basophiles en fonction de la saison

Tableau 20 : Variations des paramètres de la lignée blanche en fonction de la saison et degré de signification statistique

Paramètres	Aut	Hiv	Print	Été	Valeur P
GB ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	10,66 ^b ± 5,41	8,31 ^c ± 4,30	7,91 ^c ± 5,09	12,01 ^a ± 5,61	P<0,01
LYM ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	4,18 ^b ± 2,08	3,89 ^c ± 2,31	3,09 ^d ± 1,87	4,99 ^a ± 2,17	P<0,01
MON ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	0,26 ^b ± 0,20	0,25 ^b ± 0,17	0,17 ^c ± 0,17	0,53 ^a ± 0,40	P<0,01
NEU ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	4,48 ^b ± 3,14	3,16 ^b ± 1,62	3,14 ^b ± 2,02	4,92 ^a ± 3,64	P<0,01
EOS ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	1,67 ^b ± 1,27	0,96 ^d ± 0,62	1,47 ^c ± 1,90	1,53 ^a ± 0,84	P<0,01
BASO ($\times 10^2/\mu\text{L}$)	0,59 ^a ± 1,16	0,28 ^b ± 0,37	0,20 ^c ± 0,31	0,16 ^d ± 0,36	P<0,01

Les valeurs qui ne portent pas les mêmes lettres dans la même ligne, diffèrent significativement ($p < 0.05$)

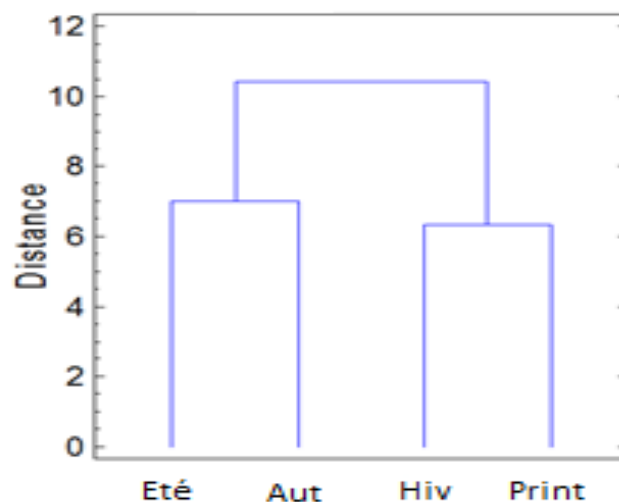


Figure 16: dendrogramme de la lignée blanche en fonction de la saison

1.1.2. Interprétation :

Les résultats montrent que les changements saisonniers ne sont pas significatifs concernant les GR, l'Hb et le VGM, (tableau 19). Cependant, les variations sont significatives pour l'Ht, la CCMH et les PLA. Le taux d'Ht est plus élevé en automne et au printemps (27,99 % et 28,58 %) par rapport à l'hiver et à l'été (26,52 % et 26,75 %), le degré de signification est de ($P < 0,05$).

La TGMH est la plus élevée en été par rapport aux autres saisons. La valeur de CCMH la plus élevée est observée en été (37,20 g/dL) puis diminue progressivement en automne et en hiver (35,21 g/dL et 34,21 g/dL), puis arrive à la plus basse valeur au printemps (32,97 g/dL), le degré de signification est de ($P < 0,01$). Le plus grand nombre de plaquettes est enregistré en été ($379,57 \times 10^3 / \mu\text{L}$) alors que le plus petit est noté hiver ($330,93 \times 10^3 / \mu\text{L}$), ($P < 0,001$).

Le dendrogramme montre que les changements saisonniers des paramètres de la lignée rouge et indices érythrocytaires sont divisés en trois groupes (figure 15). Le premier comprend ceux de l'automne et du printemps, le deuxième groupe présente des valeurs nettement différentes du groupe précédent, et assez différentes de celles obtenues en hiver.

Les résultats de la lignée blanche montrent une variation saisonnière significative ($P < 0,01$). Les valeurs les plus élevées sont généralement observées en été et en automne, alors que les plus basses sont relevées en hiver et au printemps (tableau 20).

Le dendrogramme présenté dans la figure 16, montre que les changements saisonniers des paramètres de la lignée blanche sont répartis sur deux groupes. Les saisons ayant les résultats les plus rapprochés sont l'été et l'automne d'une part, et ceux de l'hiver et du printemps d'autre part. Ces variations des deux groupes sont à égales distance.

Tous les paramètres sont dans les fourchettes physiologiques des bovins rapportés par les différents auteurs.

1.2. Système d'élevage

1.2.1. Résultats graphiques et statistique

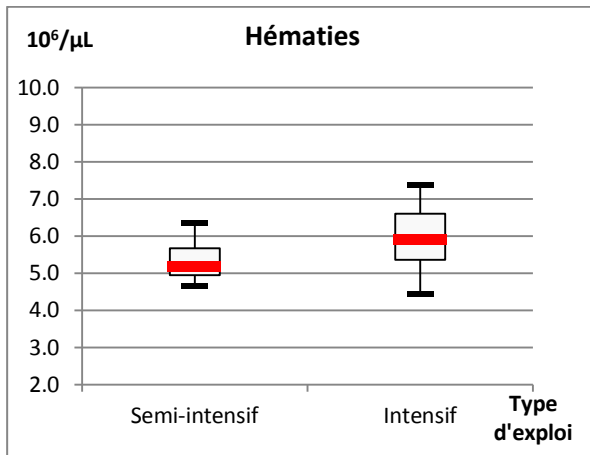


Diagramme 71: Variation des globules rouges en fonction du système d'élevage

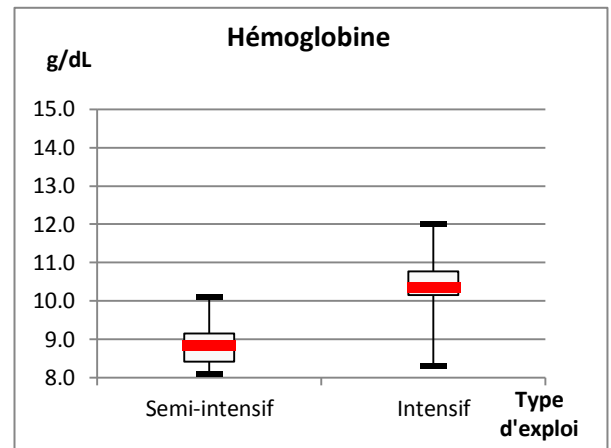


Diagramme 72: Variation de l'hémoglobine en fonction du système d'élevage

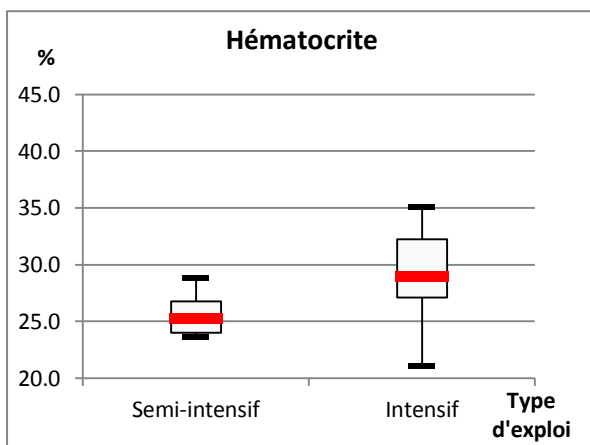


Diagramme 73: Variation de l'hématocrite en fonction du système d'élevage

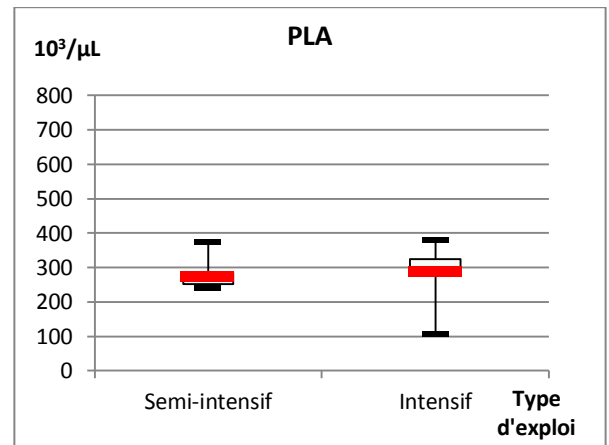


Diagramme 74: Variation des plaquettes en fonction du système d'élevage

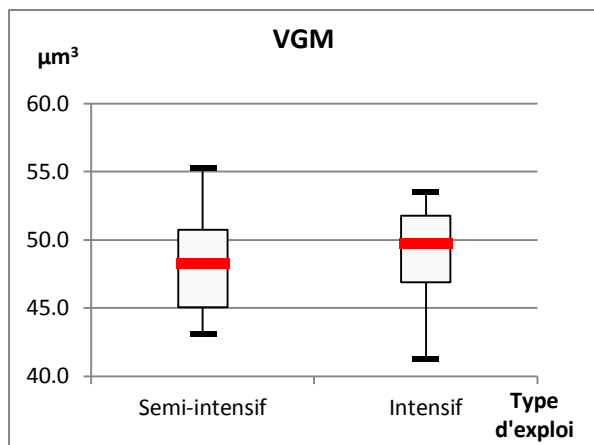


Diagramme 75: Variation du volume globulaire moyen en hémoglobine en fonction du système d'élevage

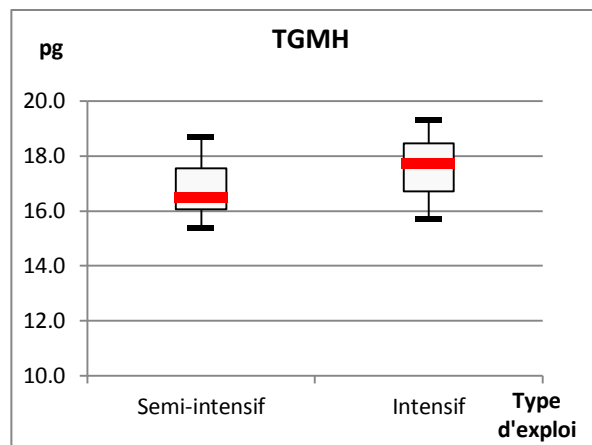


Diagramme 76: Variation de la teneur globulaire moyenne en hémoglobine en fonction du système d'élevage

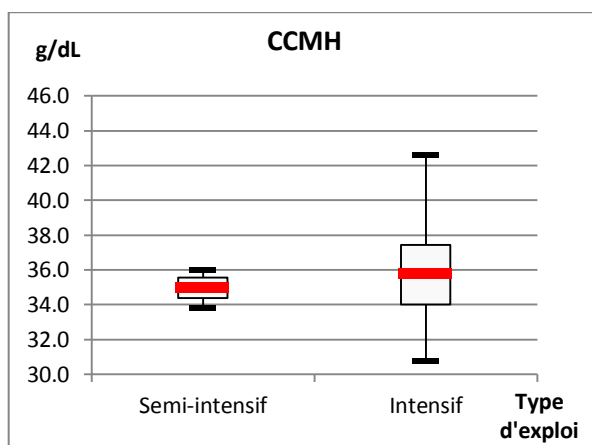


Diagramme 77: Variation de la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine en fonction du système d'élevage

Tableau 21 : Variations des paramètres de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction du système d'élevage et degré de signification statistique

Paramètres	Semi-intensif	Intensif	Valeur P
GR ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	$5,3 \pm 0,5$	$5,9 \pm 0,9$	-
Hb (g/dL)	$8,9 \pm 0,6$	$10,4 \pm 1,1$	$P < 0,01$
Ht (%)	$25,5 \pm 1,8$	$29,1 \pm 4,5$	$P < 0,05$
VGM (μm^3)	$48,2 \pm 3,9$	$49,0 \pm 3,8$	-
TGMH (pg)	$16,8 \pm 1,1$	$17,6 \pm 1,2$	-
CCMH (g/dL)	$34,9 \pm 0,8$	$36,0 \pm 3,4$	-
PLA ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	$284,5 \pm 45,5$	$289,5 \pm 74,6$	-

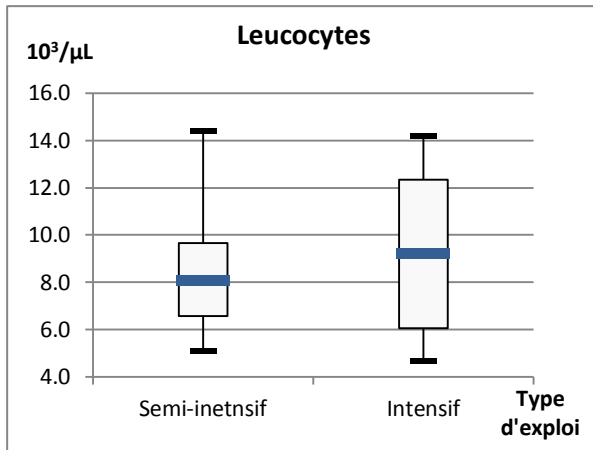


Diagramme 78: Variation des globules blancs en fonction du système d'élevage

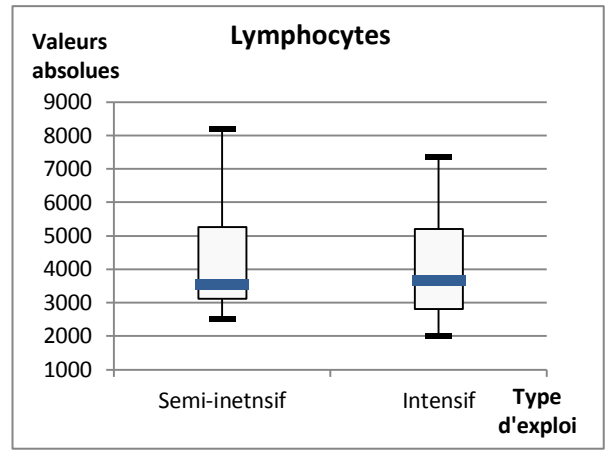


Diagramme 79: Variation des lymphocytes en fonction du système d'élevage

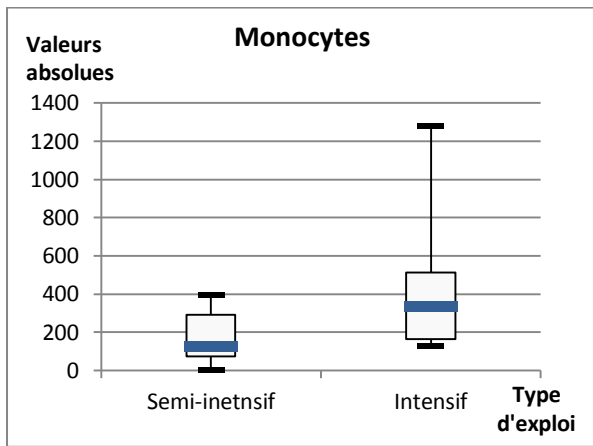


Diagramme 80: Variation des monocytes en fonction du système d'élevage

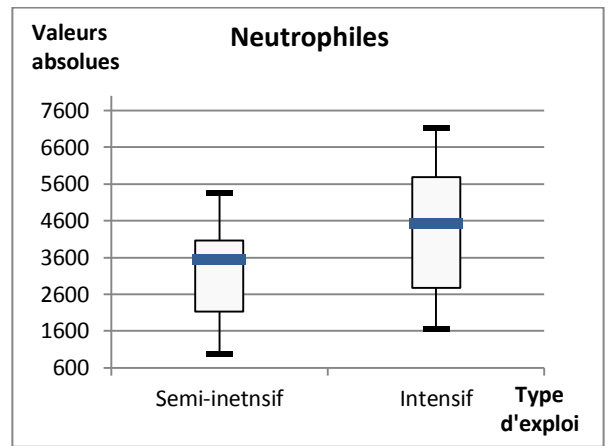


Diagramme 81: Variation des neutrophiles en fonction du système d'élevage

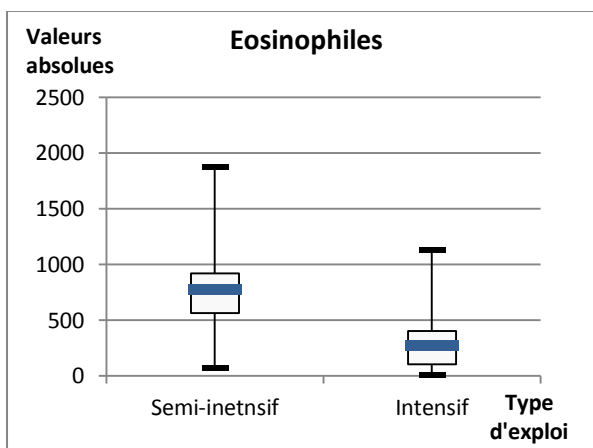


Diagramme 82: Variation des éosinophiles en fonction du système d'élevage

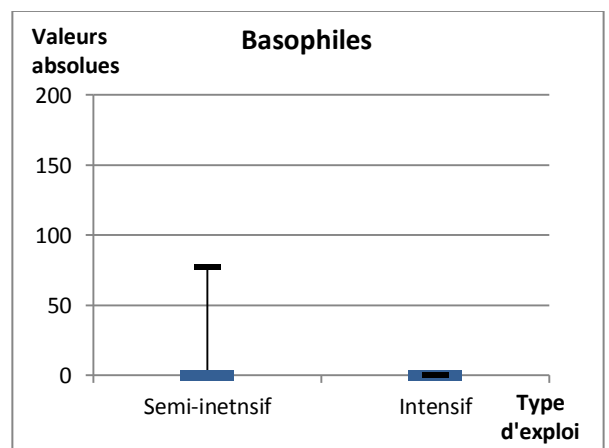


Diagramme 83: Variation des basophiles en fonction du système d'élevage

Tableau 22 : Variations des paramètres de la lignée blanche en fonction du système d'élevage et degré de signification statistique

Paramètres	Semi-intensif	Intensif	Valeur P
GB (x10³/μL)	8,4 ± 2,8	9,2 ± 3,5	-
LYM (x10³/μL)	4,28 ± 1,76	4,13 ± 1,77	-
MON (x10³/μL)	0,17 ± 0,14	0,41 ± 0,34	-
NEU (x10³/μL)	3,13 ± 1,38	4,34 ± 1,88	-
EOS (x10³/μL)	0,78 ± 0,48	0,30 ± 0,32	P<0,05
BASO (x10²/μL)	0,07 ± 0,24	0,0 ± 0,0	-

1.2.2. Interprétation :

Les résultats montrent que le système d'élevage n'a aucun effet significatif sur les valeurs de la lignée rouge et blanche excepté pour l'Hb et l'Ht où les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans le système intensif.

Le taux d'Hb est de 10,4 g/dL en intensif contre 8,9 g/dL en semi-intensif (P<0,01), et le taux d'Ht est de 29,1 % en intensif contre 25,5 % en semi-intensif (P<0,05), (tableau 21).

S'agissant des globules blancs, les EOS sont significativement plus élevés dans le système semi-intensif (p<0,05). La valeur notée est de 785 cellules/μL contre 308 cellules/μL en intensif, (tableau 22).

Toutes les valeurs hématologiques sont dans les normes physiologiques des bovins cités dans la bibliographie.

Chapitre VI

Discussion

Premier volet : Valeurs usuelles chez les bovins et influence des facteurs intrinsèques sur quelques paramètres hématologiques et ioniques

Discussion des résultats du premier volet

1. Valeurs usuelles

Aucune discussion particulière n'est à faire sur les valeurs usuelles obtenues dans notre étude, mais nous rappelons qu'une simple comparaison de nos résultats a été faite par rapport aux données obtenues par d'autres auteurs.

2. Influence des facteurs intrinsèques

2.1. Age

A partir de nos résultats, les valeurs des globules rouges sont classées dans les fourchettes physiologiques. D'après les résultats obtenus suite à nos analyses statistiques, il semble que les érythrocytes sont significativement les plus faibles chez les vaches (4,7 x 10⁶/μL), et les plus élevés chez les génisses (7,2 x 10⁶/μL). Les vaches adultes (aussi bien les jeunes que celles âgées), ont des valeurs presque identiques (6,1 x 10⁶/μL et 6,2 x 10⁶/μL). Ceci montre clairement que le nombre des érythrocytes est influencé par l'âge. La même observation a été notée par **NAIK *et al* (2013)**. Ces derniers ont trouvé que ce paramètre diffère considérablement entre les groupes d'âges chez les bovins de race indienne Punganur (P<0,01). La même constatation a été notée par **DARAMOLA *et al* (2005)** chez les adultes des chèvres naines d'Afrique de l'ouest (P<0,05) où les GR sont significativement plus élevés.

En ce qui concerne l'Hémoglobininémie, les valeurs obtenues dans notre étude sont globalement comprises dans les normes physiologiques. Elles fluctuent entre 8,2 g/dL et 10,3 g/dL. D'après le test statistique, les valeurs sont significativement plus basses chez les vaches comparées aux autres classes d'âge. **STEINHARDT *et al* (1994)** ont également constaté qu'il existe une différence entre le taux d'Hb des veaux et celui des vaches adultes. Par ailleurs, **DARAMOLA *et al* (2005)** ont constaté la même chose chez les chèvres. Ces derniers auteurs

suggèrent que la différence observée en GR et en Hb entre jeunes et adultes, pourrait être due à la capacité élevée de transport d'oxygène sanguin chez les sujets adultes.

Différemment de nos résultats, **AENGWANICH (2002) et NAIK *et al* (2013)** n'ont pas trouvé une différence significative entre les jeunes et les adultes. Les valeurs des jeunes bovins sont largement dans l'intervalle des références adultes selon **BRUN-HANSEN *et al* (2006)**.

Dans notre étude, les valeurs obtenues du taux d'hématocrite pour les plus jeunes animaux sont significativement les plus basses à celles relevées chez les autres tranches d'âge. D'autres auteurs comme **AENGWANICH (2002) et NAIK *et al* (2013)**, n'ont trouvé aucune différence significative de l'hématocrite entre les groupes d'âge.

Il est à noter que ces trois paramètres (GR, Hb et Ht), sont fortement corrélés entre eux. D'après **DRIEU (2009)**, Les valeurs hématologiques des veaux cliniquement sains âgés de 8 à 10 semaines, peuvent facilement tomber sous le seuil des valeurs pathologiques. D'autres études montrent une baisse des taux d'Hb et d'Ht pendant les 2 à 3 premiers mois de la vie, avant de remonter. Ainsi les valeurs passent en dessous des valeurs physiologiques des adultes entre 60 et 120 jours pour la concentration d'Hb, et entre 90 et 120 jours pour le taux d'Ht d'après **MOHRI *et al* cités par DRIEU (2009)**. **MOHRI *et al* (2007)** rapporte qu'il est nécessaire d'établir des valeurs de références pour chaque groupe d'âge. Par ailleurs, **ZANKER *et al* cités par MAXIMIN (2010)** relie cette baisse des paramètres érythrocytaire chez les jeunes par un développement d'une anémie hypochrome microcytaire physiologique.

En ce qui concerne les indices érythrocytaires, et à la lumière des résultats obtenus concernant le VGM, la TGMH et la CCMH, ces paramètres semblent fluctuer dans les intervalles physiologiques pour toutes les catégories d'âge, à l'exception de la TGMH et de la CCMH chez les velles, où les valeurs sont significativement les plus élevées en comparaison avec les autres groupes.

Pour le VGM, Nous avons trouvé une différence significative entre les groupes d'âge. La valeur la plus faible étant celle des velles. Certains auteurs (**PANOUSIS *et al*, 2018** et **BRUN-HANSEN *et al*, 2006**) ont trouvé des résultats similaires aux nôtres chez les races Holstein et Rouge norvégienne. D'après plusieurs auteurs cités par **MAXIMIN (2010)**, la taille des érythrocytes diminue graduellement au cours des premiers mois de la vie. Ceci coïncide avec

le remplacement de l'Hb fœtale par l'Hb adulte, (**GRIMES *et al*, 1958 ; LEE *et al* cités par MAXIMIN, 2010**). Ce paramètre augmente significativement avec l'âge, ce qui nous met en accord avec les résultats d'**HERMAN *et al* (2018)**.

Pour la TGMH, la valeur la plus élevée est enregistrée chez les velles. Celle-ci diffère significativement de celles des autres tranches d'âge. Ces résultats sont confortés par ceux trouvés par **AENGWANICH (2002)** qui constate que la TGMH est significativement ($P < 0,05$) plus élevée chez les veaux que chez les vaches en lactation.

Concernant la CCMH, nos valeurs sont plus élevées chez les velles. Ceci concorde avec les travaux de plusieurs auteurs cités par **MAXIMIN (2010)** et qui révèlent que ce paramètre semble augmenter de manière générale au cours des premiers mois de la vie.

Nos résultats diffèrent de ceux de **PANOUSIS *et al* (2018)** et de **DARAMOLA *et al* (2005)**, qui rapportent que ce paramètre est plus faible chez les jeunes animaux. A noter que le premier auteur a travaillé sur des jeunes veaux mâles nouveau-nés âgés de 1 à 9 jours, alors qu'en ce qui nous concerne, il s'agit de velles de moins de 2 mois d'âge. De ce fait, des biais liés à la fois à l'âge et au sexe peuvent interférer sur cette comparaison.

Les travaux de **MIRZADEH *et al* (2010)** rapportent l'existence de différences considérables de tous les paramètres précités de lignée rouge (GR, Hb, Ht, VGM, TGMH et CCMH) entre les différents groupes d'âge, ce qui conforte nos résultats.

Pour ce qui est des taux plaquettaires, les valeurs obtenues sont compatibles avec celles des références bibliographiques. Elles sont significativement plus élevées chez les velles par rapport aux trois autres tranches d'âge ($719,7 \times 10^3/\mu\text{L}$ contre $248,5 \times 10^3/\mu\text{L}$, $276,4 \times 10^3/\mu\text{L}$ et $303,4 \times 10^3/\mu\text{L}$ pour les génisses, vaches jeunes et vaches âgées respectivement). Ceci a été également noté par plusieurs auteurs dont nous citerons quelques exemples : **PANOUSIS *et al* (2018)**, **AENGWANICH (2002)**, **BRUN-HANSEN *et al* (2006)** et **EGLI et BLUM (1998)**. Selon certains de ces auteurs, le taux de plaquettes s'accroît dès la naissance durant les deux premières semaines de la vie, pour se stabiliser par la suite à des valeurs dépassant celles des limites maximales de référence chez les adultes. **MAXIMIN (2010)** constate que l'origine de cette augmentation plaquettaire ne semble pas claire car la formation des plaquettes à partir des mégacaryocytes n'est pas directement liée à la naissance. Néanmoins, cette constatation est en parfait accord avec les résultats obtenus dans notre étude.

A l'opposé, **MIRZADEH *et al* (2010)** considèrent que le taux de PLA n'est pas influencé par l'âge.

Dans cet ordre d'idée, **ADAMS *et al* (1992)** ont par ailleurs, mené une étude sur de très jeunes veaux de boucherie nouveau-nés depuis la naissance jusqu'à 3 semaines d'âge. Ils ont montré qu'il y avait un changement significatif avec le temps de l'étude sur tous les paramètres de la lignée rouge à l'exception de la TGMH et des PLA.

D'après nos résultats personnels, les valeurs de leucocytes concordent avec les valeurs de références. Elles varient entre $7,2 \times 10^3/\mu\text{L}$ et $13,2 \times 10^3/\mu\text{L}$. Les analyses statistiques faites sur les différentes classes d'âge retenues dans notre étude révèlent que ce paramètre diffère significativement. En effet, les leucocytes sont plus élevés chez les vaches en comparaison avec les autres classes d'âges. Pour ces dernières, il n'y a pas de différences marquées entre elles. Nos résultats sont cohérents avec ceux de **PANOUSIS *et al* (2018)** ; **HERMAN *et al* (2018)** et **NAIK *et al* (2013)**. Le premier auteur cité a travaillé sur des veaux Holstein dans des conditions similaires en Grèce, le second a mené son étude sur des vaches adultes laitières et bouchères en France et le troisième a travaillé sur des bovins de plusieurs groupes d'âge, mâles et femelles de la race indienne Punganur à différentes périodes de l'année.

AENGWANICH (2002) quant à lui, a trouvé que l'âge n'a pas d'influence significative sur les GB.

Pour ce qui est de la formule leucocytaire, les LYM, les MONO, les NEU et les EOS révèlent une différence significative entre les vaches et les sujets adultes. Des observations identiques ont été notées par **PANOUSIS *et al* (2018)**, **HERMAN *et al* (2018)** et **NAIK *et al* (2013)**.

Les MONO sont susceptibles d'augmenter transitoirement durant les premières semaines de la vie avant de diminuer par la suite, sans qu'il soit rapporté de développement d'affections néonatales (**MAXIMIN, 2010**). **MIRZADEH *et al* (2010)** n'ont pas noté une différence dans les valeurs des MONO entre les tranches d'âge.

De son côté, **BRUN-HANSEN *et al* (2006)** qui ont travaillé sur les veaux durant leurs six premiers mois de vie, ont noté que les LYM entrent dans les références adultes à partir de leurs 6^{ème} ou 8^{ème} semaine de vie, alors que les MONO augmentent d'une façon régulière jusqu'aux 14^{ème} ou 16^{ème} semaines de vie.

D'après plusieurs auteurs cités par **MAXIMIN (2010)**, le rapport NEU/LYM est le plus élevé à la naissance du veau. Les NEU commencent à diminuer progressivement pendant que les LYM augmentent. Vers l'âge de deux semaines, le rapport est inversé. Ces changements sont reliés au stress de la naissance, probablement provoqués par l'augmentation des corticostéroïdes chez le fœtus à la fin de la gestation provoquant le part, (**HUDSON *et al*, 1976**). **GREATOREX (1957)** a enregistré des pourcentages en NEU réduits et en LYM augmentés, entre cinq et neuf mois d'âge chez les bovins laitiers, expliqués par leur rapprochement de la puberté. **DRIEU (2009)** rapporte que la principale variation physiologique de la formule leucocytaire se produit lors de la naissance et la croissance du veau. A la naissance, le veau a une numération leucocytaire totale plus élevée que l'adulte, principalement à cause de la valeur élevée en NEU. La numération totale baisse peu à peu jusqu'à atteindre le niveau adulte au bout de quelques mois.

MAXIMIN (2010) rapporte que le pourcentage des EOS s'accroît au cours des deux premières années de la vie. Ces cellules peuvent être présentes en grande quantité chez les bovins adultes (jusqu'à 20 % de la formule leucocytaire) en comparaison avec d'autres espèces. Par ailleurs, **KRAMER cité par MAXIMIN (2010)** relie l'hyperéosinophilie chez la vache laitière à une probable réaction allergique de l'animal à son propre lait.

Les BASO restent faibles voire quasi-inexistant tout au long de la vie de l'animal, (**MAXIMIN, 2010**).

2.2. Race

Le facteur race semble fortement lié au mode d'élevage et au type de production, plus précisément chez les jeunes bovins, pour lesquels on distingue les veaux de lait ou de boucherie, les veaux laitiers ou future génisses de renouvellement et les brouillard ou plus exactement les taurillon à l'engrais, (**EGLI et BLUM, 1998 ; MAXIMIN, 2010**). Les races bovines (laitières ou bouchères) exigent des modèles d'exploitation différents en fonction de leurs besoins métaboliques. Ceci permet de répondre aux attentes de productions. Pour cela nous allons prendre en considération cette forte relation, sachant que le système d'élevage est un facteur extrinsèque.

Nous rappelons que dans notre étude, la comparaison est faite entre deux races (Prim'Holstein laitière et Tarentaise laitière/bouchère). D'après les valeurs obtenues, tous les paramètres hématologiques aussi bien ceux de la lignée rouge que ceux de la lignée blanche, ne diffèrent pas significativement entre les deux races, à l'exception du nombre de neutrophiles. Ces derniers sont significativement plus élevés chez les vaches Holstein par rapport aux vaches tarentaises ($3,05 \times 10^3/\mu\text{l}$ contre $1,25 \times 10^3/\mu\text{l}$ respectivement).

La même observation a été faite par **MIRZADEH *et al* (2010)**, où il n'y avait pas de différences significatives pour les paramètres hématologiques entre les souches, à l'exception de l'Ht, des pourcentages de neutrophiles, des lymphocytes, des éosinophiles et du rapport neutrophiles-lymphocytes. Cependant, il est utile de rappeler que l'auteur précité a travaillé en Iran sur plusieurs races dont la Holstein, la Brown-swiss, la Simmental, la Brown-swiss x Simmental croisés et Brown-swiss x Holstein croisés. D'autre part, il n'est pas précisé la saison durant laquelle il a étudié ce facteur. De ce fait, cela peut influencer sur les résultats obtenus.

CLAXTON et ORTIZ (1996) ont mené une étude comparative entre des vaches Holstein et suisses brunes à haute altitude. Les auteurs ont noté que les paramètres de la lignée rouge avaient tendance à être plus élevés chez les Holstein que chez les Suisses brunes élevées à la même altitude. Leurs valeurs sont légèrement plus élevées par rapport aux nôtres. **JAIN cité par MAXIMIN (2010)** explique cette élévation par la réduction de l'oxygène qui aboutit à la libération de l'érythropoïétine, qui stimule à son tour l'érythropoïèse. Ainsi, on constate que les vaches pâturent à la montagne ont un nombre de GR, une concentration en Hb et un taux d'Ht plus élevés en comparaison avec d'autres vaches pâturent à de plus basses altitudes.

STEINHARDT *et al* (1994) quant à eux, ont mentionné qu'il existe une certaine spécificité de race chez les vaches laitières pour la concentration en l'hémoglobine. **EL-MASRY et MARAI (1991)** ont comparé les données sanguines obtenues chez les bovins Frisonne et les buffles d'eau en Egypte. Ces derniers sont des bovins autochtones domestiques d'Asie à vocation mixte. Ces auteurs ont noté que les buffles ont un taux d'hématocrite plasmatique significativement plus élevé que chez les Frisons.

A l'opposé, **AWOLADJA *et al* (1997)** n'ont pas trouvé de différence significative en Ht entre les deux races bovines africaines Keteku et Peuls blancs. Une autre étude a été menée par **OLAYEMI *et al* (2006)**, dans laquelle les auteurs ont enregistré une similarité entre les valeurs sanguines des deux races africaines Kouri et peuls blancs à l'exception de l'Hb et l'Ht. Ces deux paramètres ont été significativement plus élevés chez la race kouri, ($P < 0,05$ et $P < 0,001$ respectivement).

AL-SHAMI (2003) a enregistré que les valeurs hématologiques des bovins Hassawi (race saoudienne mixte), sont situées dans les fourchettes physiologiques signalées par d'autres auteurs travaillant sur d'autres races bovines.

D'après **MAXIMIN (2010)**, la majorité des auteurs ont constaté que les races à viandes ou allaitantes ont des paramètres hématologiques plus élevées que celles laitières, et que les différences raciales peuvent être d'origine génétique, mais également être liées aux systèmes d'élevages.

Au regard de tout ce qui vient d'être relaté, nous pouvons noter que les variations des paramètres hématologiques varient de façon aléatoire selon les races et selon les travaux des uns et des autres. Ajouté à cela, nous ne pouvons pas donner des explications physiologiques sur les variations des paramètres sanguins en fonction de la race qui est un facteur zootechnique totalement d'expression génétique. D'autre part, les races étudiées font partie d'une seule espèce (l'espèce bovine), et que le but recherché étant de produire des valeurs de références pour chaque race.

2.3. Sexe

Le facteur sexe comme il est cité pour la race ci-dessus, est lié au système d'élevage. A titre d'exemple, les jeunes veaux de boucherie ou de lait ou même les broutards, sont souvent des mâles, alors que les veaux laitiers sont des futures génisses, destinées à la production laitière, (**EGLI et BLUM cités par MAXIMIN, 2010**). Nous rappelons que dans notre étude, la comparaison entre sexes a été faite sur de très jeunes sujets Holstein ayant l'âge de moins de 2 mois.

Concernant les GR, aucune influence du sexe n'est notée dans notre étude. Contrairement à **PANOUSIS et al (2018)**, qui ont relevé des valeurs plus élevées chez les velles Holstein, sans avoir la confirmation si cette élévation était significative.

Pour la concentration en Hémoglobine, on constate qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux sexes. Le même résultat a été enregistré par **MIRZADEH et al (2010)**. A l'opposé, **PANOUSIS et al (2018)** ont signalé que ce paramètre est plus élevé chez les velles Holstein par rapport aux veaux mais sans pour autant avoir confirmé cela statistiquement.

Pour leur part, **OLAYEMI *et al* (2006)** ont noté que ce paramètre est plus élevé chez les males Kouri ($P < 0,01$).

Pour ce qui est de l'Ht, il n'existe aucune influence du sexe. Nos résultats concordent avec ceux d'**AWOLADJA *et al* (1997)**. **PANOUSIS *et al* (2018)** ont constaté que ce paramètre était plus élevé chez les velles Holstein, sans qu'une étude statistique n'a suivi cette observation. **OLAYEMI *et al* (2006)** ont noté des valeurs significativement plus élevées chez les males que chez les femelles.

Pour le VGM, nous ne notons aucune influence du sexe. Cette observation est en accord avec celle d'**OLAYEMI *et al* (2006)**.

La TGMH et la CCMH sont significativement différentes entre les deux sexes. Elles sont plus élevées chez les femelles (19,4 pg contre 15,2 pg et 49,5 g/dl contre 37,4 g/dl respectivement). Ces observations concordent avec celles de **MIRZADEH *et al* (2010)** qui constatent une différence significative entre les deux groupes. Pour les travaux d'**OLAYEMI *et al* (2006)**, il est noté que ces deux paramètres ne varient pas significativement entre les deux sexes.

Pour le taux plaquettaire, les valeurs sont significativement plus élevées chez les males. En revanche, **MIRZADEH *et al* (2010)** n'ont enregistré aucune influence significative du sexe sur ce paramètre.

En ce qui concerne la lignée blanche, et à la lecture de nos données personnelles, il n'existe aucune différence significative. Ces mêmes observations ont été signalées chez les bovins Kouri, (**OLAYEMI *et al*, 2006**). D'autre part, et selon **JAIN et DOXEY cités par MAXIMIN (2010)**, les veaux de lait enregistrent moins de leucocytes que les velles futures génisses de renouvellement.

2.4. Stade physiologique

L'étude de ce facteur est réalisée sur quatre stades physiologiques différents : 1^{er} tiers de gestation, 2^{ème} tiers de gestation, 3^{ème} tiers de gestation (ou tarissement) et post-partum (de 0j

à 15j après le part), chez les vaches Prim'Holstein. Il est à noter que la lactation ou en d'autre terme la production laitière commence quelques jours après le part.

A partir des résultats obtenus, les valeurs des GR diffèrent très significativement entre les quatre stades précités. Elles sont plus basses pendant le 2^{ème} tiers de gestation et le post-partum par rapport au 1^{er} tiers et au 3^{ème} tiers de gestation ($6,0 \times 10^6/\mu\text{L}$ et $5,6 \times 10^6/\mu\text{L}$ contre $6,6 \times 10^6/\mu\text{l}$ et $6,7 \times 10^6/\mu\text{l}$). D'autre part, **PAIANO *et al* (2020)** constatent que la valeur la plus élevée était enregistrée à la parturition alors que la plus basse était enregistrée à 21 jours après le part. Contrairement à **CONNER *et al* cités par MAXIMIN (2010)**, qui s'opposent aux constatations précédentes en démontrant que les GR restent stables durant la gestation.

En ce qui concerne la concentration en Hb, les valeurs sont presque stables au cours des différents stades physiologiques, fluctuant entre 10,2 g/dl et 10,6 g/dl. Il n'y a aucune variation significative. Les plus faibles valeurs étaient enregistrées au 2T et au post-partum. **PAIANO *et al* (2020)** ont également montré que les valeurs de ce paramètre étaient les plus faibles 30 jours après le part. Pour leur part, **HERMAN *et al* (2018)** ont trouvé que les valeurs de la concentration en Hb étaient plus faibles en début de lactation.

Pour ce qui est du post-partum (début de lactation), ces deux paramètres (GR et Hb) ainsi que le fer, sont inversement liés à la production laitière. Les vaches hautes productrices étant prédisposées à une anémie, (**MAXIMIN, 2010**). Ceci a été observé dans notre étude, où ces deux paramètres avaient les valeurs les plus basses.

Dans notre étude, les valeurs obtenues pour le taux d'Ht ont les mêmes fluctuations que celles de la concentration en Hb (en dents de scie). Elles varient significativement de 26,8 % lors du post- partum jusqu'à 33,6 % durant le 3^{ème} tiers de gestation (tarissement). Nos résultats sont cohérents avec ceux relevés par **PELLETIER *et al* (1985)**, qui ont enregistré la plus faible valeur en début de lactation.

En regardant de plus près l'évolution des valeurs de GR, d'Hb et d'Ht, ces paramètres semblent augmenter les 4 premiers mois de gestation puis diminuent jusqu'au 7^{ème} mois. **GREATOREX cité par MAXIMIN (2010)**, a expliqué cette diminution par une anémie physiologique due à la réserve prioritaire du fer par le fœtus. Par la suite et pendant le tarissement, les vaches enregistrent les plus hautes valeurs, qui s'expliquent par l'arrivée à terme

du développement fœtal, ainsi que la forte diminution de spoliation sanguine à partir du sang maternel par le fœtus. Ces valeurs redescendent après le part et en début de lactation, ce qui mène à constater que la production laitière semble être un facteur de risque de développement d'une anémie chez une vache, (**MAXIMIN, 2010**).

PAIANO *et al* (2020) rapportent que l'Hb et l'Ht sont plus élevés à la parturition mais deviennent les plus faibles à 30 jours après le part. Cela paraît assez incohérent avec la physiologie liée au part. La plupart des auteurs notent que les valeurs liées à la lignée rouge (GR, Hb et Ht) sont nettement diminuées lors de la période post-partum, compte tenu des pertes sanguines provoquées par la mise-bas.

En accord avec nos résultats, **ROWLANDS *et al* (1979)** ont enregistré que le taux d'Ht était systématiquement plus élevé chez les vaches non allaitantes que chez les vaches en lactation.

A partir de nos résultats concernant les indices érythrocytaires (VGM, TGMH et CCMH), les trois paramètres sont significativement influencés par le stade physiologique de la vache laitière.

Pour le VGM, les vaches tarées ont les valeurs les plus élevées significativement ($49,9 \mu\text{m}^3$), alors que les vaches en lactation ont les valeurs les plus faibles ($47,7 \mu\text{m}^3$; $46,4 \mu\text{m}^3$ et $47,0 \mu\text{m}^3$ pour les PP, 1T et 2T respectivement). Ceci concorde avec les résultats de **SATTAR et MIRZA (2009)**, qui rapportent que ce paramètre est plus faible chez les vaches en lactation. Nous notons que ces deux auteurs ont mené leur étude au nord du Pakistan (région subtropicale semblables à celles du nord Algérien), sur des vaches Holstein et Jersey à différents stades physiologiques.

Pour la TGMH et la CCMH, les vaches parturientes ont enregistré les valeurs les plus élevées (18,2 pg et 37,1 g/dL respectivement). Les mêmes observations ont été trouvées par **SATTAR et MIRZA (2009)** pour le même groupe de vaches.

Il est utile de rappeler que les indices érythrocytaires sont très fortement liés aux nombre de GR, concentration en Hb et taux d'Ht, puisque leurs valeurs sont calculées sur la base des trois paramètres cités.

Pour le taux plaquettaire, nos résultats montrent qu'il n'est pas influencé par le stade physiologique. Les valeurs sont stables au cours du cycle de la vache laitière. Elles varient de $288 \times 10^3/\mu\text{l}$ jusqu'à $347 \times 10^3/\mu\text{L}$. **MIRZADEH *et al* (2010)** n'ont également pas trouvé de différences significative entre les divers états physiologiques. D'après **MAXIMIN (2010)**, **NOONAN *et al*** ont constaté que les vaches allaitantes enregistraient plus de plaquettes que les vaches tariées, mais sans que cela soit toujours significatif au cours des onze années de l'étude. La même observation est notée dans notre étude.

Pour le nombre des leucocytes, les analyses statistiques appliquées entre les différents groupes de stades physiologiques retenus dans notre étude révèlent que ce paramètre diffère significativement. Il varie entre $5,2 \times 10^3/\mu\text{L}$ et $11,3 \times 10^3/\mu\text{L}$. En effet, les leucocytes sont plus élevés chez les vaches en début de gestation (1T) en comparaison avec les autres groupes. Nos résultats concordent avec ceux de **ABDELATEEF et ALAMEEN (2012)** qui ont travaillé sur des vaches laitières croisées (Holstein Frisonne x Zebu) en milieu tropical ainsi qu'avec ceux de **OUAHRANI et BORDJAH (2016)** qui ont travaillé sur plusieurs races en Algérie, en comparant des femelles gestantes au 1^{er} tiers avec d'autres non gestantes. D'après nos résultats, les vaches en début de gestation (1T) enregistrent les valeurs les plus élevées pour les différents leucocytes.

Les LYM, les MONO et les NEU montrent des variations significatives entre les différents stades physiologiques. Les résultats de **MIRZADEH *et al* (2010)** ainsi que ceux de **SATTAR et MIRZA (2009)**, montrent l'absence de différences significatives pour les MONO et les NEU.

Les EOS et les BASO par contre, ne sont pas influencé par ce facteur dans notre étude. **SATTAR et MIRZA (2009)** ont constaté la même chose pour ces deux catégories de cellules.

Dans nos investigations, et précisément entre le 3^{ème} tiers et le post-partum, il est noté que les valeurs des NEU augmentent alors que celles des EOS diminuent. Cette modification de la formule leucocytaire s'explique par le stress causé par la parturition d'après plusieurs auteurs cités par **MAXIMIN (2010)**.

En accord avec **DETILLEUX *et al* (1995)**, plus la production laitière est importante, plus les mononucléaires ainsi que les neutrophiles augmentent. Cette observation a de grandes similitudes avec notre étude. Elle se caractérise par l'augmentation des valeurs de ces cellules au

cours du post-partum (début de lactation) jusqu'au 1^{er} tiers de gestation (pic de lactation) où elles atteignent les plus hautes valeurs. Selon **MAXIMIN (2010)**, des auteurs ont également observé cette élévation pour la numération leucocytaire totale le jour suivant le part. Il l'a expliqué par l'augmentation de la concentration en glucocorticoïdes induite par la sécrétion d'hormone corticotrope ou adrénocorticotrophine (ACTH).

Selon **STRAUB *et al* cités par MAXIMIN (2010)**, le nombre des GB augmente surtout en NEU au cours du post-partum, alors que les EOS diminuent. Une monocytose est enregistré 2 à 5 jours suivant le part expliqué par le remaniement des débris tissulaires. Ces observations concordent parfaitement avec nos résultats expérimentaux.

Au final, ces variations sont identiques à celles d'un état de stress et ces changements sont observables de 12 à 24 heures en post-partum et subsistent pendant quelques jours, (**MAXIMIN, 2010**).

Selon **ESPOSITO *et al* cités par GILLET (2015)**, la vache doit répondre aux besoins de son fœtus en fin de gestation, ce qui augmente sa demande en énergie atteignant le pic environs un mois avant le part, pour synthétiser après le colostrum et le lait. **ESPOSITO *et al* (2014)** notent qu'il est nécessaire de poursuivre les vaches laitières en transition (tarries) sur le plan cellulaire et moléculaire, afin de reconnaître les mécanismes prédisposant ces animaux aux désordres péri-partum.

Concernant notre travail, les variations sont significatives pour tous les ions étudiés à l'exception du Na. Les taux de natrémie notés lors des différents stades physiologiques sont très rapprochés et fluctuent entre 139,0 mmol/L et 140,6 mmol/L. Cette observation s'accorde avec celle de **PELLETIER *et al* (1985)**, qui constate que ce paramètre n'est pas affecté par le stade de la lactation chez la vache laitière.

Concernant la chlorémie, celle-ci évolue significativement du 1^{er} au 3^{ème} tiers de gestation, pour chuter brusquement lors du post-partum. Nous n'avons malheureusement pas trouvé de travaux sur la chlorémie chez les bovins laitiers.

Pour le K, le Ca et le P, les vaches en post-partum enregistrent les valeurs les plus faibles par rapport aux autres stades. La parturition est caractérisée par l'apparition d'une hypocalcémie couplée à une hypophosphatémie. **HORST *et al* (2005)**, **GOFF (2008)** et **GOFF**

(2014) expliquent cette baisse par la demande accrue et soudaine de la mamelle, quelques jours avant le part, mobilisant le Ca afin de produire le colostrum et le lait. Après 2 à 3 jours, la compensation est faite grâce à la PTH et au Calcitriol. En absence de tout problème sanitaire, cette hypocalcémie est physiologique.

Comme mentionné par plusieurs auteurs, une hypocalcémie post-partum est régulièrement accompagnée par une hypophosphatémie, (ENNUYER cité par BARGAIN, 2016). Ceci est noté dans notre étude, ainsi que celle de CERUTTI *et al* (2018) qui rapportent que le stade de production laitière influe significativement sur le taux de Ca ($p < 0,05$).

DE GARIS et LEAN (2008) relève que les risques d'hypocalcémie augmentent avec l'accumulation de lactations. Les multipares sont plus touchées que les primipares, (GILLET, 2015). Cet auteur a rapporté dans son étude que les vaches peuvent être hypocalcémiques après vêlage (valeurs inférieurs à 80 mg/l, voir même à 85mg/l pour certains auteurs), même en absence de signes cliniques visibles. Il a remarqué que ces vaches ont produit significativement ($p < 0,01$) plus de lait que celles saines après un mois de lactation.

La rareté des travaux sur les oligo-éléments chez les bovins ne nous permet pas d'apporter plus d'éclaircissements sur les variations obtenues.

Discussion des résultats du deuxième volet

1. Influence des facteurs extrinsèques

1.1. Saison

Les GR ne varient pas significativement au cours des saisons. Ceci nous met en accord avec **AENGWANICH *et al* (2009)**. Par ailleurs, **GIRI *et al* (2016)** et **KUMAR et PACHAURI (2000)** ont noté que les érythrocytes diffèrent significativement avec des valeurs plus élevées en hiver par rapport à l'été.

Dans notre étude, aucun effet saisonnier significatif sur la concentration en Hb n'est trouvé. La même observation a été notée par **LATEEF *et al* (2014)**. Cependant, ce paramètre diminue pendant l'hiver et augmente pendant l'été sans pour autant être significatif. Cette observation est cohérente avec celles obtenues par d'autres auteurs, (**NAIK, 2013 ; KUMAR et PACHAURI, 2000 ; FAROOQ *et al*, 2015**). Le mécanisme de l'effet saison sur la concentration en Hb n'est toujours pas clair d'après **FAROOQ *et al* (2015)**, mais le changement d'énergie au cours des différentes saisons pour maintenir les processus physiologiques de contrôle des pertes de chaleur pourraient être une justification crédible, (**SCHARF *et al* et FADARE *et al* cités par FAROOQ *et al*, 2015**).

Comme relevé par **MORAR *et al* (2018)** ainsi que **CASELLA *et al* cité par JO *et al* (2021)**, le taux d'Ht est significativement plus bas en période chaude. Cela peut avoir comme explication qu'en été, la température ambiante augmente ce qui provoque une augmentation de la température corporelle de l'animal associée à une augmentation de la consommation d'eau et vasodilatation périphérique conduisant à une hémodilution entraînant une réduction des valeurs de l'Ht selon **CASELLA *et al* cités par JO *et al* (2021)**. Par ailleurs, le refroidissement des animaux par arrosage réduit le stress thermique, conduisant à la correction des valeurs hématologiques, (**KOUBKOVA *et al*, 2002**). En hiver, la diminution de la valeur de l'Ht est liée au début du cycle de production laitière de la vache et au temps de récupération nécessaire après le vêlage qui se sont produits en hiver dans notre étude, (**ROWLANDS *et al*, 1977 ; FISCHER *et al*, 1980**).

Selon notre analyse, le temps de récupération chez la vache parturiente et le démarrage de sa lactation plaide en faveur d'une demande accrue d'eau pour l'organisme ce qui peut être à l'origine d'une hypervolémie et donc d'une hémodilution, conduisant impérativement à une diminution à l'Ht.

Pour les indices érythrocytaires, les variations non significatives du VGM et de la TGMH au cours des saisons dans notre étude, indique que les vaches se sont adaptées aux conditions climatiques difficiles sans être stressées, (**FAROOQ et al, 2015**).

En accord avec nos résultats, des études antérieures ont signalé une CCMH plus élevée chez les bovins pendant la saison estivale, (**DZAVO et al, 2020 ; KUMAR et PACHAURI, 2000**).

Pour le taux plaquettaire dans notre étude, nous remarquons qu'il varie significativement entre les saisons. On observe la cinétique suivante : les valeurs sont les plus élevées en été, puis régressent régulièrement durant l'automne et l'hiver, pour remonter lors du printemps. Nous n'avons pas d'interprétations particulières à formuler à ce sujet et ces variations ont besoin d'études ultérieures plus approfondies pour mieux en comprendre la signification.

CASELLA et al cités par HABIBU et al (2018) par contre, rapportent une diminution plaquettaire en été et l'associe à une augmentation de la température, qui est le principal facteur de stress environnemental. **LATEEF et al (2014)** pour leur part, n'ont pas noté de variation significative pour ce paramètre entre les saisons.

Dans la présente enquête, les valeurs des leucocytes sont plus élevés en été, confirmant les résultats obtenus dans les rapports de ces auteurs, (**BABEKER et al, 2013 ; NAIK, 2013 ; GIRI et al, 2016**). L'élévation de la température en été stimule la libération de corticostéroïdes ou d'hormone épinéphrine qui à son tour, augmente le nombre des GB, (**JAIN cité par LATEEF et al, 2014**). Cette élévation est également due à une augmentation des infections parasitaires sub-cliniques des animaux en été, (**RUTKOWIAK et STUDER cités par AL-SAEED et al, 2009**). Cependant, dans un autre rapport, aucun effet saisonnier sur ces paramètres n'a été trouvé, (**McMANUS et al cités par FAROOQ et al, 2015**).

Dans notre étude, les LYM sont les leucocytes dominants, suivi des NEU, ce qui est spécifique aux ruminants, selon **KUMAR et PACHAURI cités par FAROOQ et al (2015)**. Les LYM, les MONO, les NEU et les EOS sont significativement plus nombreux pendant l'été. Ceci est cohérent avec les résultats de **FAROOQ et al (2015)**, qui suggèrent que l'augmentation du comptage des GB pendant l'été est due à une augmentation des cellules précitées.

Dans notre enquête, les LYM et les NEU sont les leucocytes les plus dominants ayant les valeurs les plus élevées significativement ($p < 0,01$) en saison estivale. Cela s'accorde avec l'observation de **NAIK (2013)**. Notre étude montre que la saison n'a pas d'influence sur le rapport neutrophile / lymphocytes. Ce ratio est l'indicateur le plus courant de stress et de l'adaptabilité des animaux à l'environnement local. Celui-ci qui augmente généralement lorsque l'animal est stressé, (**MINKA et AYO, 2007**).

D'après nos résultats, le nombre de BASO varie entre les saisons. La valeur la plus élevée est notée en automne, puis régresse progressivement et significativement au cours de l'année. L'augmentation des BASO a souvent été associée à une hyperlipidémie et aux allergies, ulcérations et infestations aux tiques d'après plusieurs auteurs cités par **ROLANDS *et al* (2014)**. Cependant, il n'est pas fréquemment rapporté dans la littérature car le nombre de basophiles dans le sang est très faible, (**WEBB et LATIMER, 2011**).

1.2. Système d'élevage

Le système d'élevage (ou type d'exploitation), est fortement lié aux deux facteurs intrinsèques étudiés : race et sexe. A titre d'exemple, les jeunes veaux de boucherie ou de lait ou même les broutards, sont souvent des mâles, nourris exclusivement d'une façon intensive avec une ration spécifique, alors que les veaux laitiers sont des futures génisses, destinées à la production laitière, lesquelles pourront avoir leur ration en stabulation (système intensif) ou aux pâturages (système extensif), ou des deux façons (système semi-intensif). Dans notre étude, la comparaison entre systèmes n'a concerné que le semi-intensif et l'intensif.

Concernant les GR, aucune influence du système d'élevage n'est notée dans notre étude alors que pour les concentrations en Hb et le taux d'Ht, ceux-ci sont significativement plus élevés dans le système intensif.

Compte tenu de l'interdépendance des trois paramètres précités (GR, Hb et Ht), et en raison de la rareté des travaux sur cette question de type d'exploitation, nous tenterons l'explication suivante : Cette augmentation des trois paramètres est probablement liée à l'alimentation plus riche et mieux équilibrée chez les animaux vivant en intensif. Les pâturages pouvant permettre l'ingestion de végétaux très divers dont certains peuvent être des chélateurs du fer, ou en retarder voire inhiber l'absorption intestinale de cet oligo-élément indispensable à la synthèse de l'hémoglobine et par conséquent, capital dans les processus d'érythropoïèse.

Pour le VGM, la TGMH, la CCMH et les PLA, aucune influence du système d'élevage n'est notée. Ces indices érythrocytaires n'ont pratiquement pas été étudiés à notre connaissance et des travaux sur cette question sont presque inexistantes. Néanmoins, les travaux de **RADKOWSKA et HERBUT (2014)** rapportent les variations sanguines chez des animaux allotés en trois types d'élevages (intensif, semi-intensif et extensif). Il apparaît dans cette étude que l'effet pâturage a une influence positive sur les paramètres hématologiques.

En ce qui concerne la lignée blanche, et à la lecture de nos données personnelles, il n'existe aucune différence significative, à l'exception du nombre des EOS, lequel est plus élevé significativement en système semi-intensif. L'explication la plus plausible à cet état de fait est que les animaux sortant sur pâturages sont plus exposés aux parasitismes et toutes autres agressions permettant des décharges d'histamine et par conséquent l'augmentation des EOS.

CONCLUSION

Notre étude a été menée sur plus de 200 bovins provenant des deux structures agricoles, BAARAOUIA (ferme pilote à Constantine) et complexe BOUSSOUF (ferme privée dans la wilaya de Mila). Le but de notre travail était d'étudier l'influence de plusieurs facteurs intrinsèques (liés à l'animal) et extrinsèques (liés à son environnement), sur les paramètres physiologiques sanguins (hématologiques et ioniques). L'objectif principal était d'apporter notre contribution à une meilleure connaissance des variations hématologiques chez le bovin, et par voie de conséquence de mettre à la disposition des vétérinaires, des valeurs usuelles pouvant leur être utiles dans leur diagnostic.

Bien que les valeurs hématologiques obtenues soient comparables aux valeurs considérées comme physiologiques pour les bovins laitiers (valeurs de références), il est relevé que les différents facteurs intrinsèques et extrinsèques influencent sur le profil hématologique de la vache laitière.

Dans le premier volet, nous avons rapporté un tableau sur les valeurs usuelles des bovins Prim'Holstein tout-venant du complexe BOUSSOUF. Nous avons également étudié la corrélation entre les facteurs intrinsèques (âge, race, sexe et stade physiologique) et les paramètres sanguins. Les résultats obtenus sont les suivants : Nos animaux ont enregistré dans l'ensemble des valeurs similaires à celles rapportées dans la bibliographie.

Cependant, lors des essais de corrélations, il apparaît que tous les paramètres hématologiques sont fortement corrélés à l'âge de façon significative. Les valeurs sanguines relevées chez la catégorie des jeunes animaux étant très différentes par rapport aux autres catégories. Chez les jeunes et pour la lignée rouge, les valeurs des trois paramètres principaux (GR, Hb et Ht) sont nettement inférieures à celles retrouvées chez les adultes (démarrage de l'érythropoïèse chez les jeunes). Pour la lignée blanche, on note que les GB sont significativement plus élevés chez les jeunes (mise en place de l'immunité cellulaire).

Concernant la race, aucune corrélation n'a été enregistrée entre les Prim'Holstein et les Tarentaises, à l'exception du comptage des NEU qui été significativement plus élevé chez la première race.

Pour le facteur sexe, il n'a pas été noté de différences significatives sur les paramètres majeurs que ce soit pour ceux de la lignée rouge ou de la lignée blanche.

Pour l'influence du stade physiologique, une corrélation significativement forte a été notée pour la majorité des paramètres hématologiques (GR, Ht, VGM, TGMH, CCMH, GB, nombre de LYM, de MONO et de NEU) et ioniques (K, Cl, Ca et P). Les variations les plus marquées ont été notées aux alentours du part (surtout en période pré-partum), par une baisse des valeurs de la lignée rouge et des ions, alors que les cellules de la lignée blanche enregistrent une hausse.

Dans le deuxième volet, l'étude de corrélation a concerné les deux facteurs extrinsèques (saison et système d'élevage). On conclut que le facteur saisonnier influence de manière significative sur les valeurs d'Ht, des PLA et de toute la lignée blanche. Les PLA et les leucocytes enregistrent les valeurs les plus élevées en période estivale.

En ce qui concerne le système d'élevage (semi-intensif et intensif), les variations n'ont concerné que l'Hb, l'Ht et le nombre d'EOS. L'Hb et l'Ht sont significativement plus élevés dans le second système (supplément d'alimentation ??), alors que le nombre d'EOS est plus élevé dans le premier système (parasitisme probable ??).

Nous espérons à travers cette étude avoir fourni des informations de base sur le profil hématologique des bovins laitiers, pouvant être utiles dans le diagnostic. Nous souhaitons par ailleurs développer certains aspects complémentaires sur les bovins, et approfondir le travail sur d'autres facteurs tel que le stress, l'état pathologique et les différents traitements, avec une attention particulière au statut de reproduction.

RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

A travers la présente étude, Le premier volet a concerné l'étude de l'hématologie de la vache laitière, avec influence des facteurs intrinsèques sur les différents paramètres hématologiques. Cela nous a permis de mettre à la disposition des vétérinaires des valeurs usuelles chez la vache laitière en Algérie. Néanmoins, certains aspects n'ont pas été étudiés et méritent d'être développés à l'avenir.

A ce propos, des études complémentaires sur l'espèce bovine demanderaient plus d'attention et d'intérêt tels que l'étude des paramètres biochimiques et hormonaux selon les différentes situations relatées dans notre travail. Il serait également fortement conseillé de compléter les analyses ioniques par d'autres macro et oligo-éléments. La diversification des races bovines existant en Algérie et principalement les races locales, mériterait d'être étudiée de façon approfondie afin de mettre en exergue les particularités raciales. Pour l'âge, il serait intéressant de prélever des animaux sur une cinétique de 6 mois (depuis la naissance), voire une année, afin de voir à quel moment les formules sanguines changent ou se stabilisent. D'autre part, il serait souhaitable de travailler sur des veaux ayant diverses destinations (veaux de lait, taurillon à l'engrais). Des essais de corrélation entre les variations hématologiques et le parasitisme (interne ou externe) seraient fortement recommandés et probablement très utiles.

Il est certain que la vache laitière reste une préoccupation majeure dans l'élevage bovin en Algérie. Pour cela, de nombreux aspects tant prophylactiques, zootechniques que médicaux pourraient être développés à l'avenir avec l'intervention d'équipes pluridisciplinaires.

Il serait intéressant pour les professionnelles du secteur, de mettre en place des laboratoires d'analyse hématologiques vétérinaires dans le but de contribuer à fournir des résultats d'examens para-cliniques.

Faire une étude comparative entre les méthodes d'analyse automatisées et manuelles, afin d'établir des facteurs de correction adaptés pour chaque espèce animale.

Enfin, il est à espérer que l'intérêt porté à l'hématologie en particulier et aux analyses de laboratoire en général puissent avoir plus d'intérêt auprès des vétérinaires praticiens dans le complément de données diagnostiques.

RESUMÉ

L'influence des différents facteurs intrinsèques et extrinsèques sur les paramètres hématologiques a fait l'objet de plusieurs travaux antérieurs de par le monde. En Algérie, les études englobant tous ces facteurs chez la vache laitière sont assez rares. Il serait donc intéressant de mettre à la disposition des vétérinaires du terrain des valeurs usuelles afin de contribuer à l'établissement du diagnostic dans sa phase sub-clinique.

La première partie est une synthèse bibliographique sur la physiologie sanguine chez les bovins, la seconde est expérimentale. Un premier volet établit les valeurs usuelles des paramètres hématologiques (GR, Hb, Ht, VGM, TGMH, CCMH, PLA, GB, Nombre de LYM, de MONO, de NEU, d'EOS et de BASO) et ioniques (Na, K, Cl, Ca et P) chez les bovins, ainsi que la corrélation entre ces paramètres et les facteurs intrinsèques (âge, race, sexe et stade physiologiques).

Dans l'ensemble, les valeurs sont dans les normes physiologiques. Pour les facteurs intrinsèques, les variations sont significatives pour l'âge concernant tous les paramètres de la lignée rouge et blanche. Pour la race, seuls le nombre de NEU est significativement différent. Pour le facteur sexe, le taux de PLA ainsi que quelques indices érythrocytaires (TGMH, CCMH) sont les seules variables. Enfin pour le stade physiologique, tous les paramètres étudiés fluctuent significativement entre les stades, à l'exception de l'Hb, des PLA, du nombre d'EOS, des BASO et du Na.

Le second volet étudie l'influence des facteurs extrinsèques (saison et système d'élevage). Les résultats montrent une influence significative de la saison sur tous les paramètres de la lignée rouge et blanche excepté les GR, l'Hb et le VGM. Le système d'élevage influe significativement sur l'Hb, l'Ht et le nombre d'EOS.

Mots clés : bovins, paramètres hématologiques, âge, race, sexe, stade physiologique, saison, système d'élevage.

SUMMARY

The influence of different intrinsic and extrinsic factors on hematological parameters has been the subject of several previous works around the world. In Algeria, studies about all these factors in dairy cows are quite rare. It would therefore be interesting to provide for the veterinarians the usual values, in order to help them in the subclinical phase of the diagnosis.

The first part is a bibliographical summary on blood physiology in cattle, the second part is an experimental study. A first section establishes the usual values of hematological parameters (RBC, HGB, HCT, MCV, MCH, MCHC, PLT, WBC, Number of LYM, MONO, NEU, EOS and BASO) and ionic elements (Na, K, Cl, Ca and P) in cattle, as well as the correlation between these parameters and the intrinsic factors (age, breed, gender and physiological stage).

Overall, the values are within physiological norms. For intrinsic factors, the variations are significant for age for all parameters of red and white blood cells. Concerning breed, only number of NEU is significantly different. For gender, the levels of PLT as well as some erythrocyte indices (MCH, MCHC) are the only variables. Finally, for the physiological stage, all the parameters studied fluctuate significantly between stages, excepting HGB, PLT, number of EOS, BASO and Na.

The second part studies the influence of extrinsic factors (season and breeding methods). The results show a significant influence of the season on all parameters of red and white line except RBC, HGB and MCV. The breeding method has a significant influence on HGB, HCT and number of EOS.

Key words: cattle, hematological parameters, age, breed, gender, physiological stage, season, breeding methods.

مُلخَص

يعتبر تأثير العوامل الداخلية و الخارجية المختلفة على معايير الدم محل نقاش العديد من الأعمال السابقة حول العالم. في الجزائر، تعد الدراسات التي تشمل كل هذه العوامل عند الأبقار الحلوب نادرة جدا. لهذا، سيكون من المثير للإهتمام تزويد الأطباء البيطرية في الميدان بالقيم المرجعية من أجل المساعدة في تحديد التشخيص.

الجزء الأول هو ملخص ببليوغرافي عن فيزيولوجيا دم الأبقار، و الثاني تجريبي. يحدد القسم الأول القيم المعتادة لمعاملات الدم (عدد كريات الدم الحمراء، الهيموغلوبين، الهيماتوكريت، متوسط حجم الكريات، محتوى الهيموغلوبين الكروي، تركيز الهيموغلوبين الجسيمي، عدد صفائح الدم، عدد كريات الدم البيضاء، عدد اللمفاويات، الوحيدات، العدلات، الحمضات (أو اليوزينيات) و القعدات)، إضافة إلى المعاملات الأيونية (الصوديوم، البوتاسيوم، الكلور، الكالسيوم و الفوسفور) عند الأبقار، وكذلك الارتباط بين هذه المعاملات والعوامل الداخلية (العمر، السلالة، الجنس و المرحلة الفيزيولوجية). بشكل عام، تظهر القيم ضمن المعايير الفيزيولوجية. بالنسبة للعوامل الداخلية، تبدو الاختلافات مهمة بين الفئات العمرية لجميع المعاملات الحمراء و البيضاء. بالنسبة للسلالة، فقط عدد العدلات يختلف بشكل كبير. بالنسبة لعامل الجنس، فإن مستوى صفائح الدم وكذلك بعض مؤشرات كريات الدم الحمراء (محتوى الهيموغلوبين الكروي، تركيز الهيموغلوبين الجسيمي) هي المتغيرات الوحيدة. أخيراً، بالنسبة للمرحلة الفيزيولوجية، تتقلب جميع المعاملات المدروسة بشكل كبير بين المراحل، باستثناء الهيموغلوبين، عدد صفائح الدم، عدد الحمضات، القعدات و الصوديوم.

الجزء الثاني يدرس تأثير العوامل الخارجية (الموسم و نظام تربية الأبقار). أظهرت النتائج تأثيرا بارزا للموسم على جميع المعاملات الحمراء و البيضاء باستثناء كريات الدم الحمراء، الهيموغلوبين و محتوى الهيموغلوبين الكروي. أما نظام تربية الأبقار فيؤثر تأثيراً كبيراً على الهيموغلوبين، الهيماتوكريت، و عدد الحمضات.

الكلمات المفتاحية: الأبقار، المعاملات الدموية، العمر، السلالة، الجنس، المرحلة الفيزيولوجية، الموسم، نظام تربية الأبقار.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

1. **ABDELATIF A.M., ALAMEEN A.O., (2012):** Influence of season and pregnancy on thermal and haematological responses of crossbred dairy cows in a tropical environment. *Global Veterinaria.*, 9(3):334-340. DOI: 10.5829/idosi.gv.2012.9.3.65130.
2. **ADAMS R., GARRY F.B., ALDRIDGE B.M., HOLLAND M.D., ODDE K.G. (1992):** Hematologic values in newborn beef calves. *Am J Vet Res.*, 53(6):944-950.
3. **ADEWOYIN A.S., NWOGO B. (2014) :** Peripheral blood film-a review. *Ann Ib Postgrad Med.*, 12(2):71-79.
4. **AENGWANICH W. (2002) :** Effect of age on hematological values and blood profile of Holstein Friesian crossbred in northeastern Thailand. *Suranaree J Sci Technol.*, 9:289-292.
5. **AENGWANICH W., CHANTIRATIKUL A., PAMOK S. (2009) :** Effect of seasonal variations on hematological values and health monitor of crossbred beef cattle at slaughterhouse in northeastern part of Thailand. *American-Eurasian J Agric Environ Sci.*, 5(5):644-648.
6. **AGUILAR-MARTINEZ P. (2007):** Cours d'hématologie, Faculté de médecine de Montpellier- Nimes, 1-6.
7. **ALAIN P. (2021) :** Sodium-métabolisme.
<https://www.pharmacorama.com/pharmacologie/medicaments-elements/sodium-medicaments/sodium-metabolisme/#:~:text=%C3%89limination,r%C3%B4le%20n%C3%A9gligeable%20dans%20son%20%C3%A9limination.>
8. **AL-SAEED M.H., HAIDAR K.A., GHADHBAM R.F. (2009) :** Selective evaluation of certain blood and biochemical parameters of local cattle during winter and summer seasons. *Bas.J.Vet.Res.*, Vol 8, Issue 1, 138-143.
9. **AL-SHAMI S.A. (2003) :** Studies on normal haematological and biochemical parameters of Hassawi cattle breed in Saudi Arabia. *Pakistan Journal of Biology Science.*, 6:1241-1242. DOI : 10.3923/PJBS.2003.1241.1242.
10. **AWOLAJA O.A., ANTIA R.E., OYEJIDE A. (1997) :** Trace element levels in Plasma/serum and erythrocytes of keteku and White Fulani cattle. *Trop Anim Health Prod.*, 29 (1): 2-6. DOI: 10.1007/BF02632336.

11. **AYADI O. (2016)** : Contribution au diagnostic de la theilériose chez les bovins dans l'est algérien. Thèse Doct Vet, ISVK, Constantine, 147p.
12. **BABEKER E.A., ELMANSOURY Y.H.A., SULEEM A.E. (2013)** : The influence of seasons on blood constituents of Dromedary camel (*Camelus dromedarius*). *Journal of Animal Feed Research.*, vol 3, N° 1, 1-8.
13. **BALLAND M. (1981)** : P-calcium. Variations biologiques et valeurs de référence (chap XII). In **SIEST G., HENNY J., SCHIEL F. (1981)**: Interprétation des examens de laboratoire, valeurs de références et variations biologiques. Krager ed, Paris, p123, 427p.
14. **BANERJEE D., UPADHYAY R.C., CHAUDHARY U.B., KUMAR R., SINGH S., ASHUTOSH G.J.M., DAS T.K., DE S. (2015)** : Seasonal variations in physio-biochemical profiles of Indian goats in the paradigm of hot and cold climate. *Biological Rhythm Research.*, Vol 46, Issue 2, 221- 236. DOI : 10.1080/09291016.2014.984999.
15. **BARGAIN V. (2016)** : La vache couchée alerte, signe d'une carence en phosphore. eussir.fr/lait/la-vache-couchee-alerte-signe-dune-carence-en-phosphore#:~:text=«%20Lors%20d'une%20fièvre%20de,à%20la%20vache%20couchée%20alerte.
16. **BARTHE M.L., DUFILHO M.E. (1927)** : Elimination du sodium et du chlore dans le lait de vache. fraude du lait par addition de sels de sodium. le lait, Inra ed, 1927, 7 (69), pp 817-823. fhal-00894882f. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00894882/document>.
17. **BARTOL J.M., THOMPSON L.J., MINNIER S.M., DIVERS T.J. (2000)**: Hemorrhagic diathesis, mesenteric hematoma, and colic associated with ingestion of sweet vernal grass in a cow. *J Am Vet Med Assoc.*, 216(10):1605-8, 1569-70. DOI: 10.2460/javma.2000.216.1605.
18. **BELLIER S. (2004)**: Hématologie chez les carnivores domestiques -rappels-, UV de biochimie Clinique, ENVA, Paris, 40 p.
19. **BELLIER S., CORDONNIER N. (2010)** : Les valeurs usuelles en hématologie vétérinaire. *Rev Francoph Lab.*, (420):27–42. DOI : 10.1016/S1773-035X(10)70419-6.
20. **BERNARD J., LEVY J.P., VARET B., CLAUVEL J.P., RAIN J.D., SULTAN Y. (1981)** : Abrégé d'hématologie. Masson 5^{ème} ed, Paris, p51, 346p.
21. **BEZERRA L.R., OLIVEIRA W.D.C., SILVA T.P.D., TORREÃO J.N.C., MARQUES C.A.T., ARAUJO M.J., OLIVEIRA R.L. (2017)** : Comparative hematological analysis of Morada nova and Santa Inês ewes in all reproductive stages. *Pesquisa Veterinária Brasileira.*, vol 37, N° 4, 408-414. DOI : 10.1590/s0100-736x2017000400017.

22. **BIANCA W. (1970):** Effects of dehydration, rehydration and overhydration on the blood And urine of oxen. *Br Vet J.*, 126(3):121-133. DOI: 10.1016/s0007-1935(17)48461-2.
23. **BIANCA W., FINDLAY J.D., MCLEAN J.A. (1965):** Responses of Steers to Water Restriction. *ResVet Sci.*, 6(1):38-55.
24. **BINDELS R.J.M. (1993) :** Calcium handling by the mammalian kidney. *J. Exp. Biol.*, 184, 89-104.
25. **BLOOD D.C., HENDERSON J.A. (1976):** Médecine vétérinaire, Vigot Frères ed, Paris, 1100p.
26. **BOTEZATU A., VLAGIOIU C., CODREANU M., ORASANU A. (2014) :** Biochemical and Hematological profile in cattle effective. *Bulletin UASVM Veterinary Medicine.*, 71(1):27-30.
27. **BROCKUS C.W. (2011) :** Erythrocytes. *In LATIMER K.S. (2011) :* Duncan and Prasse's veterinary laboratory medicine: clinical pathology. Wiley-Blackwell 5th ed, Chichester, UK, p15, 509p.
28. **BRUCKA-JASTRZEBSKA E., KAWCZUGA D., BRZEZINSKA M., OROWICZ W., LIDWIN-KAZMIERKIEWICZ M. (2007) :** Dependence of hematological parameters in Simmental breed cattle on physiological conditions. *Medycyna Weterynaryjna.*, 63(12):1583- 1586 (Pl with abstract in English).
29. **BRUN-HANSEN H.E., KAMPEN A.H., LUND A. (2006):** Hematologic values in calves during the first 6 months of life. *Veterinary Clinical Pathology.*, 35(2):182-187. DOI: 10.1111/j.1939-165x.2006.tb00111.x.
30. **BRUSH P.J., ANDERSON P.H., GUNNING R.F. (1987):** Identification of factor XI deficiency in Holstein-Friesian cattle in Britain. *Vet Rec.*, 121(1):14-7. DOI : 10.1136/vr.121.1.14.
31. **BUSSIERAS J., CHERMETTE R. (1992):** Abrégé de parasitologie vétérinaire, ed service de parasitologie, ENVA, Paris, p101, 186p.
32. **BYERS J.H., JONES I.R., HAAG J.R. (1952):** Blood Hemoglobin Values of Dairy Cattle. *J Dairy Sci.*, 35(8):661-667. DOI : 10.3168/jds.S0022-0302(52)91652-4.
33. **CASELLA S., SCIANO S., ZUMBO A., MONTEVERDE V., FAZIO F., PICCIONE G. (2013) :** Effect of seasonal variations in Mediterranean area on Hematological profile in dairy cow. *Comparative Clinical Pathology.*, 22, 691-695. DOI : 10.1007/s00580-012-1468-8.

34. **CERUTTI R.D., SCAGLIONE M.C., ARFUSO F., RIZZO M., PICCIONE G. (2018)** : Seasonal variations of some hematochemical parameters in Holstein bovine under the same livestock conditions. *Veterinarski Arhiv.*, 88(3):309-321. DOI : 10.24099/vet.arhiv.170404.
35. **CHEVALIER O. (2002)** : Aspects actuels de la thérapie liquidienne chez les bovins adultes. Thèse Med Vet. ENVA, Paris, p5, 97p.
36. **CLAXTON J.R., ORTIZ P. (1996)** : Haematological parameters in brown swiss and Holstein cattle at high altitude. *Trop. Anim. Health Prod.*, 28(1):112-116. DOI : 10.1007/BF02250734.
37. **COLES E.H. (1979)** : Le laboratoire en clinique vétérinaire. Vigot ed, Paris, 641p.
38. **COLLOBERT C. (1994)**: Maladies microbiennes et mycosiques dans Maladies des chevaux (chap 3), *In ROSSIER E. (1994)*: Manuel pratique, maladies des chevaux. France agricole 1ère ed, Paris, 45-67, 279p.
39. **COLLOBERT C., WOLTER R. (1994)**: Maladies de l'appareil digestif et nutritionnelles dans maladies des chevaux (chap 6), *In ROSSIER E. (1994)*: Manuel pratique, maladies des chevaux. France agricole 1ère ed, Paris, 89-112, 279p.
40. **CONSTANTINE WEATHER STATION. (2019)** : Local weather data (2018-2019), Constantine region, Algeria.
41. **CROCCO H. (2017)** : Les profils métaboliques en élevages bovins allaitants. Thèse Doct Vet, ENVA, Paris, 162 p.
42. **DAGUET G.L. (1976)** : Eléments d'immunologie médicale. Flammarion 3^{ème} ed, Paris, p25, 245p.
43. **DARAMOLA J.O., ADELOYE A.A., FATOBA T.A., SOLADOYE A.O. (2005)** : Haematological and biochemical parameters of West African dwarf goats. *Livest Res Rural Dev.*, 17(8):1-8.
44. **DE GARIS P.J., LEAN I.J. (2008)** : Milk fever in dairy cows: a review of pathophysiology and control principles. *The Veterinary Journal.*, 176(1):58-69.
45. **DELABESSE E., CORRE J., YSEBAERT L., LAHARRAGUE P., LAURENT G. (2010)**: Sémiologie hématologique, Faculté de médecine. DCEM1, Rangeuil, Toulouse, p3, 66p.

46. **DENICOLA D.B. (2011):** Advances in hematology analyzers. 2011 Mai, *Top Companion Anim Med.*, 26(2):52-61. DOI : 10.1053/j.tcam.2011.02.001.
47. **DESILETS A. (2003) :** La diarrhée virale bovine Maladie des muqueuses (BVD-MD) : quelques réponses à vos questions. 1-2, 12p. Laboratoire de pathologie animale - Nicolet MAPAQ, Centre québécois d'inspection des aliments et de santé animale (C.Q.I.A.S.A.). [https://www.agrireseau.net/bovinslaitiers/Documents/Diarrh%C3%A9e%20virale%20bovine\(lr\).pdf](https://www.agrireseau.net/bovinslaitiers/Documents/Diarrh%C3%A9e%20virale%20bovine(lr).pdf).
48. **DETILLEUX J.C., KEHRLI JR M.E., STABEL J.R., FREEMAN A.E., KELLEY D.H. (1995) :** Study of immunological dysfunction in periparturient Holstein cattle selected for high and average milk production. *Vet Immunol Immunopathol.*, 44(3-4):251-267. DOI : 10.1016/0165-2427(94)05302-9.
49. **DIDOU A. (2014):** Réalisation d'un atlas d'hématologie de la faune captive (mammifères-reptiles-oiseaux). Thèse Med Vet. Nantes, p 48, 122 p.
50. **DJELLAL F., KADI S.A., BERCHICHE M. (2008):** Caractérisation de la conduite alimentaire des bovins à l'engrais dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. *Livestock Research for Rural Development.*, Volume 19 (7), Article 99. Retrieved March 27. from <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd19/7/djel19099.htm>.
51. **DOMART A., BOURNEUF J. (1984):** Dictionnaire médicale, Larousse ed, Paris, tome1, 480p.
52. **DOMART A., BOURNEUF J. (1985):** Dictionnaire médicale, Larousse ed, Paris, tome2, 995p.
53. **DRIEU C. (2009):** Hématologie en médecine bovine et application à la réalisation d'une transfusion. Thèse Med Vet. ENVA, Paris, 126p.
54. **DUFFER J. (1981) :** Hemogramme : Erythrocytes, hémoglobine, volume globulaire moyen, hématocrite, variations biologiques et valeurs de références (chap XVIII). *In SIEST G., HENNY J., SCHIEL F. (1981):* Interprétation des examens de laboratoire, valeurs de références et variations biologiques. Krager ed, Paris, p224, 427p.
55. **DWYER C.J., DOWNING G.M., GABOR L.J. (2003):** Dicoumarol toxicity in neonatal calves associated with the feeding of sweet vernal (*Anthoxanthum odoratum*) hay. *Aust Vet J.*, 81(6):332-5. DOI: 10.1111/j.1751-0813.2003.tb11506.x.
56. **DZAVO T., ZINDOVE T.J., DHLIWAYO M., CHIMONYO M., TIVAPASI M.T. (2020) :** Do haematological profiles of cows in drought prone areas differ with conformation? *Spanish Journal of Agricultural Research.*, 18(2):e0604. DOI : 10.5424/sjar/2020182-16029.

- 57. EECKHOUT W., CASTEELS M., BUYSSE F., LATEUR A., HECKE A.V. (1969) :** L'anémie et la couleur de la viande chez les veaux à l'engrais de la race pie rouge de la Flandre orientale (1). *Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences*, 18(3):263-276. fhal00886971. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00886971/document>.
- 58. EGLI C.P., BLUM J.W. (1998):** Clinical, Haematological, Metabolic and Endocrine Traits During the First Three Months of Life of Suckling Simmentaler Calves Held in a Cow-Calf Operation. *J Vet Med A.*, 45(2):99-118. DOI : 10.1111/j.1439-0442.1998.tb00806.x.
- 59. EL-MASRY K.A., MARAI I.F.M. (2010) :** Comparison between Friesians and water buffaloes in growth rate, milk production and some blood constituents, during winter and summer conditions of Egypt. *Animal Science*. Volume 53, Issue 1, 39-43. DOI : <http://doi.org/10.1017/S000335610000595X>.
- 60. ESPINASSE C. (2006):** Diagnostic sérologique de la fasciolose bovine : intérêt de la méthode ELISA POURQUIER en troupeaux allaitants. Thèse Med Vet. ENVA, Paris, 138 p.
- 61. ESPOSITO G., IRONS P.C., WEBB E.C., CHAPWANYA A. (2014) :** Interactions between negative energy balance, metabolic diseases, uterine health and immune response in transition dairy cows. *Animal Reproduction Science.*, 144(3-4):60-71. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2013.11.007.
- 62. ETIM N.N., WILLIAMS M.E., AKPABIO U., OFFIONG E.E.A. (2014) :** Haematological parameters and factors affecting their values. *Agricultural Science.*, Vol 2, Issue 1, 37-47. DOI: 10.12735/as.v2i1p37.
- 63. EUZEBY J. (2005) :** Dictionnaire de parasitologie médicale et vétérinaire. Lavoisier ed, Paris, 337-338, 492p.
- 64. FADARE A.O., PETERS S.O., YAKUBU A., SONIBARE A.O., ADELEKE M.A., OZOJE M.O., IMUMORIN I.G. (2012) :** Physiological and haematological indices suggest superior heat tolerance of white-coloured West African Dwarf sheep in the hot humid tropics. *Tropical Animal Health and Production.*, 45(1):157-165. DOI : 10.1007/s11250-012-0187-0.
- 65. FAROOQ U., AHMAD N., AHMAD I., MAHMOOD S.A., ANDRABI S.M.H., IDRIS M. (2015) :** Effect of seasonal variations on the haematochemical profile of Cholistani service bulls. *Journal of Applied Animal Research.*, 45, 85-89. DOI : 10.1080/09712119.2015.1125351.
- 66. FISHER D.D., WILSON L.L., SCHOLZ R.W. (1980):** Environmental and Genetic Effects on Hematologic Characteristics of Beef Cows. *Am J Vet Res.*, 41(9):1533-1536.

67. **FOSSUM C., LARSSON B., MATSSON P. (1986):** Development of Mononuclear Cell Subpopulations and their Function During Calfhood. *J Vet Med B.*, 33(7):518-527. DOI 10.1111/j.1439-0450.1986.tb00063.x.
68. **FOUCRAS G. (2012):** Pancytopénie néonatale bovine. Workshop Européen d'Immunologie Vétérinaire (EVIW), paru le 3-4 septembre, Edimbourg, Ecosse.
69. **GEORGE J.W., SNIPES J., LANE V.M. (2010):** Comparison of bovine hematology reference intervals from 1957 to 2006. *Veterinary Clinical Pathology.*, 39(2):138-148. [http:// DOI: 10.1111/j.1939-165X.2009.00208.x](http://DOI: 10.1111/j.1939-165X.2009.00208.x).
70. **GILLET M.V. (2015):** L'hypocalcémie subclinique chez la vache laitière : étude terrain dans une clientèle vétérinaire des ardennes. thèse Med Vet. ENVA, Paris, 148 p.
71. **GIRI A., BHARTI V.K., KALIA S., RAVINDRAN V.T., RANJAN P., KUNDAN T.R., KUMAR B. (2016):** Seasonal changes in hematological and biochemical profile of dairy cows at high altitude cold desert. *International Journal of Bioassays.*, 5(12):5156-5162. DOI : 10.21746/ijbio.2016.12.009.
72. **GOFF J.P. (2008):** The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. *The Veterinary Journal.*, 176 (1), 50-57. DOI : 10.1016/j.tvjl.2007.12.020. Epub 2008 Mar 14.
73. **GOFF J.P. (2014):** Calcium and magnesium disorders. *Vet Clin Food Anim.*, 30(2):359–381. DOI : 10.1016/j.cvfa.2014.04.003.
74. **GREATOREX J.C. (1957):** Observations on the haematology of calves and various breeds of adult dairy cattle. *Br Vet J.*, Vol 113, Issue 11, 469-481. DOI : 10.1016/S0007-1935(17)45756-3.
75. **GRIMES R.M., DUNCAN C.W., LASSITER C.A. (1958):** Bovine Fetal Hemoglobin. I. Postnatal Persistence and Relation to Adult Hemoglobins. *J Dairy Sci.*, 41(11):1527-1533. DOI : 10.3168/jds.S0022-0302(58)91130-5.
76. **GUATTEO R. (2013):** Le point sur la Pancytopénie Néonatale Bovine. <https://www6.angers-nantes.inrae.fr/bioepar/Actualites/Le-point-sur-la-Pancytopenie-Neonatale-Bovine2>.
77. **GUERIN D. (2018):** Les sels chez les ruminants. 30 mai 2018, GDS Creuse. <http://www.gdscreuse.fr/?p=6082>.
78. **GUERRA L. (2008):** Contribution à la connaissance des systèmes d'élevage bovin dans la région semi-aride de Sétif. Thèse Sci Agro. Univ Sétif, 69 p.

79. **HABIBU B., DZENDA T., AYO J.O., YAKUB L.S., AWU M.U. (2018) :** Haematological changes and plasma fluid dynamics in livestock during thermal stress, and response to mitigative measures. *Livestock Science.*, Volume 214, 189-201. DOI:10.1016/j.livsci.2018.05.023.
80. **HARVEY J.W. (2001) :** Atlas of veterinary hematology (Blood and Bone Marrow of Domestic Animals). W.B. SAUNDERS COMPANY, p59, 228p. <https://www.msdevetmanual.com/multimedia/image/v4730810>.
81. **HERBAUX C (2011) :** Hématologie. Vernazobres-Gregg ed, Paris. 368-369, 512p.
82. **HERMAN N., TRUMEL C., GEFFRE A., BRAUN J.P., THIBAUT M., SCHELCHER F., BOURGES-ABELLA N. (2018) :** Hematology reference intervals for adult cows in France using the Sysmex XT-2000iV analyzer. *J Vet Diagn Invest.*, 30(5):678-687. DOI : 10.1177/1040638718790310.
83. **HITZ J. (1981 a) :** P-potassium et sodium, variations biologiques et valeurs de références (chap XXIII). *In SIEST G., HENNY J., SCHIEL F. (1981):* Interprétation des examens de laboratoire, valeurs de références et variations biologiques. Krager ed, Paris, p321, 427p.
84. **HITZ J. (1981 b) :** P-phosphates. Variations biologiques et valeurs de référence (chap XXII). *In SIEST G., HENNY J., SCHIEL F. (1981):* Interprétation des examens de laboratoire, valeurs de références et variations biologiques. Krager ed, Paris, 307-308, 427p.
85. **HOFFMANN F. (1971) :** Compendium des vitamines : Les propriétés des vitamines et leur importance en nutrition humaine et animale. La roche et cie ed, Suisse, 68-69, 154p.
86. **HOLMAN H.H. (1956):** Changes associated with age in the blood picture of calves and heifers. *Br Vet J.*, 112(3):91-104.
87. **HORST R.L., GOFF J.P., REINHARDT T.A. (2005) :** Adapting to the transition between gestation and lactation: differences between rat, human and dairy cow. *J Mammary Gland Biol Neoplasia.*, 10(2):141-156. DOI : 10.1007/s10911-005-5397-x.
88. **HUBANS-BELKILANI V. (2001):** La transfusion sanguine chez les bovins. Thèse Doct Vet, ENVA, Paris, 65p.
89. **HUDSON S., MULLORD M., WHITTLESTONE W.G., PAYNE E. (1976) :** Plasma corticoid levels in healthy and diarrhoeic calves from birth to 20 days of age. *Br Vet J.*, 132(5):551-556. DOI: 10.1016/S0007-1935(17)34531-1.

90. **INRAA. (2006):** Rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture, p9, 67p.
91. **ISLER C. (2007) :** Evolution des paramètres biochimiques lors de déplacement à gauche de la caillette chez la vache laitière : étude de quatre cas. Thèse Med Vet. Lyon, 151p.
92. **ITARD J., FREZIL J.L. (2003) :** Trypanosomoses, symptômes et lésions, *In : LEFEVRE P.C., BLANCOO J., CHERMETT R (2003) :* Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail. Europe et régions chaudes, Maladies bactériennes, mycoses et parasitaires. Tome 2, tec et doc ed, Médicales internationales ed, Paris, p1659, 1761p.
93. **JACOBS R.M., HORNEY B., BEINER L. (1981):** Cutaneous Response to PHA-M and Hematological Changes in Corticosteroid Treated Cows. *Can J Comp Med.*, 45(4):384-387.
94. **JO J.H., NEDJA J.G., PENG D.Q., KIM H.R., KIM S.H., LEE H.G. (2021) :** Characterization of Short-Term Heat Stress in Holstein Dairy Cows Using Altered Indicators of Metabolomics, Blood Parameters, Milk MicroRNA-216 and Characteristics., *Animals.*, 11(3), 722. <https://doi.org/10.3390/ani11030722>.
95. **JONES M.L., ALLISON R.W. (2007) :** Evaluation of the ruminant complete blood cell count. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice.*, 23(3):377-402. DOI : 10.1016/j.cvfa.2007.07.002.
96. **KAMPEN A.H., OLSEN I., TOLLERSRUD T., STORSET A.K., ARVE Lund A. (2006):** Lymphocyte subpopulations and neutrophil function in calves during the first 6 months of life. *Vet Immunol Immunopathol.*, 113(1-2):53-63. DOI : 10.1016/j.vetimm.2006.04.001.
97. **KARASUYAMA H., MUKAI K., TSUJIMURA Y., OBATA K. (2009):** Newly discovered roles for basophils: a neglected minority gains new respect. *Nat Rev Immunol.*, 9(1):9-13. DOI : 10.1038/nri2458.
98. **KARBACH U., FELDMEIER H. (1993) :** The cecum is the site with the highest calcium absorption in rat intestine. *Digest. Dis. Sci.*, 38(10):1815-1824. DOI: 10.1007/BF01296104.
99. **KEHRLI J.R.M.E., NONNECKE B.J., ROTH J.A. (1989):** Alterations in bovine neutrophil function during the periparturient period. *Am J Vet Res.*, 50(2):207-214.

- 100. KESSELER D., RIEDER A. (2010):** Centre suisse de contrôle de qualité, Fiche: numération cellulaire sur l'hématimètre de Neubauer revue Septembre 2010, 2 CHEMIN DU PETIT-BEL-AIR, CH - 1225 CHENE-BOURG. http://www.cscq.ch/SiteCSCQ/FichierPDF_FR/FT-Neubauer.pdf.
- 101. KOLB E. (1974) :** Physiologie des animaux domestiques. Vigot Frères ed, Paris, 974p.
- 102. KOUBKOVA M., KNIZKOVA L., KUNC P., HARTLOVA H., FLUSSER J., DOLEZAL O. (2002) :** Influence of high environmental temperatures and evaporative cooling on some physiological, hematological and biochemical parameters in high-yielding dairy cows. *Czech Journal of Animal Science.*, 47(8):309-318.
- 103. KRIMER P.M. (2011) :** Generating and interpreting test results : test validity, quality control, reference values, and basic epidemiology. In **LATIMER K.S. (2011) :** Duncan and Prasse's veterinary laboratory medicine: clinical pathology. Wiley-Blackwell 5th ed, Chichester, UK, p372, 509p.
- 104. KUMAR B., PACHAURI S.P. (2000) :** Hematological profile of crossbred dairy cattle to monitor herd health status at medium elevation in central Himalayas. *Research in Veterinary Science.*, Vol 69, Issue 2, 141-145. DOI : 10.1053/rvsc.2000.0400.
- 105. LACHENAL F.M.L. (2013):** Présentation de quelques syndromes hémorragiques chez les bovins. Thèse Med Vet, ENVA, Paris, 127p.
- 106. LAMAND M. (1978) :** Les oligo-éléments. Proligo ed, Paris, 10-11, 78 p.
- 107. LAROUSSE (1985) :** La rousse encyclopédique en couleurs. France Loisiers ed, Tome17, 7552p.
- 108. LARS F. (2018) :** La leptospirose abortive chez les bovins. http://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/UMT_Corinne/2018_01_Fiche_Leptospirose_abortive_rev.pdf.
- 109. LATEEF A., DAS H., PANCHASARA H.H., NILUFAR H., SANAP M.J. (2014) :** Seasonal effects on milk yield, erythrocytic and leukocytic indices of Kankrej cattle (*Bos indicus*). *Veterinary World.*, 7(7):472-477. DOI : 10.14202/vetworld.2014.472-477.
- 110. LE GOFF S.J.Y. (2016):** Validation de l'automate d'hématologie vétérinaire ProCyte DX D'IDEXX pour l'hémogramme du cheval. Thèse Med Vet. Fac Med Nantes, p117, 147p.
- 111. LE GRUSSE J., WATIER B. (1993) :** Les vitamines, données biochimiques, nutritionnelles et cliniques. p60, 303p.

- 112. LEAN I.J., DE GARIS P.J., MC NEIL D.M., BLOCK E. (2006) :** Hypocalcemia in dairy cows: meta-analysis and dietary cation anion difference theory revisited. *J Dairy Sci.*, 89(2):669-684. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72130-0.
- 113. LEE E.K., KEHRLI J.R.M.E. (1998):** Expression of adhesion molecules on neutrophils of periparturient cows and neonatal calves. *Am J Vet Res.*, 59(1):37-43.
- 114. LEGRAND E. (2007):** La leptospirose bovine. Thèse Med Vet. ENVA, Paris, 103 p.
- 115. LEKEUX M. (2006) :** La trypanosomose bovine africaine : généralités et situation au Benin. Thèse Med Vet. Lyon, 94p.
- 116. LOUISOT P. (1980) :** Biochimie générale et médicale/structurale, métabolique, semeiologique. Tome 2, Vitamines et coenzymes lipides et dérivés isopréniques protéines. Simep ed, Bruxelles, p406, 445p.
- 117. LOUVIN I. (2020) :** Etude de la phosphatémie post-partum chez les vaches laitières des monts du lyonnais : impact sur leurs performances et leur sante. Thèse Med Vet. Lyon 1, 95p.
- 118. MAXIMIN K. (2010):** Hématologie des bovins : Etude des variations de la naissance à 60 jours. Thèse Med Vet. Lyon, p160.
- 119. McCAY C.M. (1931):** The Hemoglobin and Total Phosphorus in the Blood of Cows and Bulls. *J Dairy Sci.*, 14(4):373-378. DOI : 10.3168/jds.S0022-0302(31)93479-6.
- 120. McEWAN A.D., FISHER E.W., SELMAN I.E. (1968):** The Effect of Colostrum on the Volume and Composition of the Plasma of Calves. *Res Vet Sci.*, 9(3):284-286.
- 121. McMANUS C., PRESCOTT E., PALUDO G.R., BIANCHINI E., LOUVANDINI H., MARIANTE A.S. (2009) :** Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. *Livestock Science.*, 120 : 256-264. DOI : 10.1016/j.livsci.2008.07.014.
- 122. MEGLIA G., JOHANNISSON A., AGENAS S., HOLTENIUS K., WALLER K.P. (2005) :** Effects of feeding intensity during the dry period on leukocyte and lymphocyte sub-populations, neutrophil function and health in peri-parturient dairy cows. *Vet J.*, 169(3):376-384. DOI : DOI: 10.1016/j.tvjl.2004.02.003.
- 123. MEKROUD A. (2014):** Manuel de techniques hématologiques en médecine vétérinaire. 22 p (document non publié).
- 124. MEKROUD M. (2016):** Contribution à l'étude de quelques paramètres hématologiques et ioniques chez le cheval dans le nord de l'Algérie. Thèse Med Vet. ISVK, Constantine, 124 p.
- 125. MINKA N.S., AYO J.O. (2007) :** Physiological responses of transported goats treated with ascorbic acid during the hot dry season. *Animal Science Journal.*, Vol 78, Issue 2, 164-172. DOI : 10.1111/j.1740-0929.2007.00421.x.

- 126. MIRZADEH K., TABATABAEI S., BOJARPOUR M., MAMOEI M. (2010) :** Comparative study of haematological parameters according to strain, age, sex, physiological status and season in Iranian cattle. *J Anim Vet Adv.*, Vol 9, Issue 16, 2123–2127. DOI:10.3923/javaa.2010.2123.2127.
- 127. MITCH L. (2010):** Obscure Immune Cells Thwart Ticks Science Now. *Science AAAS.*, 26 July. <https://www.sciencemag.org/news/2010/07/obscure-immune-cells-thwart-ticks>.
- 128. MOHRI M., SHARIFI K., EIDI S. (2007) :** Hematology and serum biochemistry of Holstein dairy calves : age related changes and comparison with blood composition in adults. *Research in veterinary science.*, Vol 83, Issue 1, 30-39.
- 129. MONTIEL L, (2005) :** Les variations de la phosphatémie chez les bovins laitiers. Thèse Med Vet. Montréal, 145p.
- 130. MORAR D., CIULAN V., SIMIZ F., MOȚ T., HUTU I., VADUVA C. (2018) :** effect of heat stress on haematological parameters in dairy cows. *lucrări științifice medicină veterinară.*, 61(2):65-70. DOI:10.13140/rg.2.2.36806.22081.
- 131. MORAU M. (2015) :** Utilisation de l'hématologie et de la biochimie dans l'évaluation du stress à la capture chez le chevreuil, *capreolus capreolus*. Thèse Med Vet. Toulouse, 137p.
- 132. MULLER C. (2015) :** Hématologie : cellules normales du sang et de la moelle rouge des os. 148p. <http://med2.univ-angers.fr>.
- 133. MUNERATO M.S., DUARTE J.M., PEREIRA G.T., MARQUES J.A. (2010) :** Effects of physical and chemical immobilization on hematologic and biochemical variables in captive brown brocket deer (*Mazama gouazoubira*). *Vet Clin Pathol.*, 39(4):454-463. DOI: 10.1111/j.1939-165x.2010.00264.x.
- 134. NAGAHATA H., KOJIMA N., HIGASHITANI I., OGAW H., NODA H. (1991):** Postnatal Changes in Lymphocyte Function of Dairy Calves. *J Vet Med B.*, 38(1):49-54. DOI : 10.1111/j.1439-0450.1991.tb00845.x.
- 135. NAIK B.R., KUMAR A.V.N.SIVA., RAVIA., BRAMHAIHAH K.V., PRAVEEN CHAKRAVARTHI V. (2013) :** Effect of seasons on physiological and hematological values in punganur cattle. *Int J Pharm Bio Sci.*, Volume 4, Issue 4, 40-49.
- 136. NEDJRAOUI D. (2006) :** Algeria: Country Pasture/Forage Resource Profiles, FAO, 28p.

- 137. NONNECKE B.J., FOOTE M.R., SMITH J.M., PESCH B.A., VAN AMBURGH M.E. (2003):** Composition and Functional Capacity of Blood Mononuclear Leukocyte Populations from Neonatal Calves on Standard and Intensified Milk. *J Dairy Sci.*, 86(11):3592-3604. DOI : 10.3168/jds.S0022-0302(03)73965-4.
- 138. NOONAN T.R., REYNOLDS R.A., MURPHREE R.L. (1978) :** Effects of age, Season, and Reproductive Activity on Hemograms of Female Hereford Cattle. *Am J Vet Res.*, 39(3):433-440.
- 139. OHBA Y., TAKASU M., NISHII N., TAKEDA E., MAEDA S., KUNIEDA T., KITAGAWA H. (2008):** Pedigree analysis of factor XI deficiency in Japanese black cattle. *J Vet Med Sci.*, 70(3):297-9.
- 140. OLAYEMI F.O., AKINSIKU D.O., OJO E.O., AZEEZ I.O. (2006) :** Haematology of Kuri breed of cattle. *Folia Vet.*, Vol 50, Issue 2, 62-65.
- 141. ORDRE PROFESSIONNEL DES TECHNOLOGISTES MEDICAUX DU QUEBEC. (2001) :** Hématologie, règles normative, manuel de standardisation. p30.
- 142. OUAHRANI A.R., BORDJAH S. (2016) :** Paramètres hématologiques et biochimiques durant le premier trimestre de la gestation chez la vache. Thèse Master, Univ Béjaia, 34p.
- 143. PAIANO R.B., BIRGEL D.B., BIRGEL JUNIOR E.H. (2020) :** Influence of peripartum on the erythrogram of Holstein dairy cows. *J. S. Afr. Vet. Assoc.*, 91(0):e1-e6 DOI : 10.4102/jsava.v91i0.1975.
- 144. PANOUSIS N., SIACHOS N., KITKAS G., KALAITZAKIS E., KRITSEPI-KONSTANTINOOU M., VALERGAKIS G E. (2018) :** Hematology reference intervals for neonatal Holstein calves. *Res Vet Sci.*, 118:1-10. DOI : 10.1016/j.rvsc.2018.01.002.
- 145. PAROT C. (2011):** Bilans hémato-biochimiques chez le cheval d'endurance de haut niveau : intérêt pronostic et proposition de valeurs de référence. Thèse Med Vet. ENVA, Paris, 115 p.
- 146. PAYNE J.M., ROWLANDS G.J., MANTSON R., DEW S.M. (1973):** A statistical appraisal of the results of metabolic profile tests on 75 dairy herds. *BrVet J.*, 129(4):370-381. DOI : 10.1016/s0007-1935(17)36441-2.
- 147. PELLETIER G., TREMBLAY A.V., HÉLIE P. (1985) :** Facteurs influençant le profil méthanologie des vaches laitières. *Canadian Veterinary Journal.*, 26(10):306-311.

- 148. PICAUT C. (2006) :** Contribution à l'étude statistique de la formule leucocytaire manuelle chez le chien : effet frottis et effet observateur. These Med Vet. Toulouse, 111p.
- 149. PUYT J.D., PINEAU X. (2015) :** Intoxication par les rodenticides. DOI : 10.1016/S1283-0828(15)61348-5. <https://www.em-consulte.com/article/1001526/resume/intoxications-par-les-rodenticides>.
- 150. RADKOWSKA I., HERBUT E. (2014) :** Hematological and biochemical blood parameters in dairy cows depending on the management system. *Animal Science Papers and Reports.*, 32(4):317-325.
- 151. RATHWA S.D., VASAVA A.A., PATHAN M.M., MADHIRA S.P., PATEL Y.G., PANDE A.M. (2017) :** Effect of season on physiological, biochemical, hormonal, and oxidative stress parameters of indigenous sheep. *Veterinary World.*, 10(6):650-654. DOI : 10.14202/vetworld.2017.650-654.
- 152. RAUTUREAU S. (2003):** Bilan du statut sanitaire des bovins et des porcs vis à vis de la leptospirose dans l'union européenne. Thèse Med Vet. Nantes, 75 p.
- 153. REMY D., MOUSSAY B., GUIOULLIER L., MILLEMAN Y., BELBIS G. (2009) :** Les deux types de leucose bovine. Fiche technique. *Le point vétérinaire.*, N° 294.
- 154. ROLAND L., DRILLICH M., IWERSEN M. (2014) :** Hematology as a diagnostic tool in bovine. *medicine Journal of Veterinary Diagnostic Investigation.*, 26(5):592–598. DOI: 10.1177/1040638714546490.
- 155. ROWLANDS G.J., LITTLE W., KITCHENHAM B.A. (1977) :** Relationship between blood composition and fertility in dairy cows - a field study. *Dairy Research.*, 44(1):1-7. DOI : 10.1017/s0022029900019889.
- 156. ROWLANDS G.J., LITTLE W., STARK A.J., MANTSON R. (1979) :** The blood composition of cows in commercial dairy herds and its relation with season and lactation. *Br Vet J.*, 135(1):64-74. DOI : doi: 10.1016/s0007-1935(17)32990-1.
- 157. RUSOFF L.L., PIERCY P.L. (1946):** Blood Studies of Louisiana Dairy Cows. II. Hemoglobin Value, Erythrocyte Count, Leucocyte Count and Differential Leucocyte Percentages. *J Dairy Sci.*, 29(12):831-838. DOI : 10.3168/jds.S0022-0302(46)92547-7.
- 158. RUSSELL K.E. (2010) :** Platelet kinetics and laboratory evaluation of thrombocytopenia. In: Schalm's veterinary hematology. D.J. Weiss and K.J. Wardrop 6th ed, Wiley, Ames, IA, 576-585.
- 159. RUTKOWIAK B. (2001) :** Laboratory blood tests in prophylaxis of non-infectious diseases of cattle – history or necessity. *Zycie Weterynaryjne.*, 76, 196-201.

- 160. RYAN G.M. (1971):** Blood Values in Cows: Erythrocytes. *Res Vet Sci.*, 12(1):572-575.
- 161. SARTELET A., LECOMTE D. (2016):** La fluidothérapie chez le bovin adulte, Journée pluridisciplinaire vétérinaire(JPV) à la clinique vétérinaire universitaire(CVU), 27 septembre 2016. Univ Liège, Belgique.
- 162. SATTAR A., MIRZA R.H. (2009) :** Haematological parameters in exotic cows during gestation and lactation under subtropical conditions. *Pak. Vet. J.*, 29(3):129-132.
- 163. SCHARF B., CARROLL J.A., RILEY D.G., CHASE C.C.J.R., COLEMAN S.W., KEISLER D.H., WEABER R.L., SPIERS D.E. (2010) :** Evaluation of physiological and blood serum differences in heat tolerant (Romosinuano) and heat tolerant susceptible (Angus) *Bos Taurus* cattle during controlled heat challenge. *Journal of Animal Science.*, 88(7):2321-2336. DOI : 10.2527/jas.2009-2551. Epub 2010 Feb 26.
- 164. SELLERET E.M.E. (2015):** Etude des performances de l'automate d'hématologie IDEXX PROCYTE DX dans l'espèce féline. Thèse Med Vet. Nantes, 126p.
- 165. SIMON J.L. (2013):** La salmonellose chez les bovins, Fiche élaborée dans le cadre du groupe de travail national sur les actions de diagnostic différentiel des avortements chez les bovins.
Annexe8,p1.http://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/2013_01_PlanAvtsBVS_Annexe_08_Fiche_Salmonellose.pdf.
- 166. STEINHARDT M., THIELSCHER H.H., VON HORN T., VON HORN R., ERMGASSEN K., LADEWIG J., SMIDT D. (1994) :** The hemoglobin concentration in the blood of dairy cattle of different breeds and their offspring during the peripartum period. *Tierarztl Prax.*, 22(2):129-135.
- 167. TARALLO P. (1981) :** Leucocytes totaux et formules leucocytaire, variations biologiques et valeurs de références (chap XX). In **SIEST G., HENNY J., SCHIEL F. (1981):** Interprétation des examens de laboratoire, valeurs de références et variations biologiques. 258-259, Krager ed, Paris, 427p.
- 168. TORNQUIST S.J., RIGAS J. (2010) :** Interpretation of ruminant leukocyte responses. In : Schalm's veterinary hematology. D.J. Weiss and K.J. Wardrop 6th ed, Wiley, Ames, IA, 307-313.
- 169. TOURE S.M. (1977) :** Diagnostic des trypanosomiasés animales. *Rev Elev Med Vet Pays trop.*, 30(1):1-10.
- 170. TRITZ P. (2012) :** La salmonellose.
File ::///C:/Users/ms/Downloads/La_salmonellose.pdf.

- 171. TVEDTEN H. (1993 a) :** Numération formule sanguine et examen de la moelle osseuse : commentaires généraux et techniques de base (Chap 2) *In* : **WILLARD M.D. (1993):** Le laboratoire en clinique vétérinaire. Maloine ed, Paris, 25-26, 543p.
- 172. TVEDTEN H. (1993 b) :** Laboratoire de cabinet et laboratoire spécialisé (Chap 1) *In* : **WILLARD M.D. (1993):** Le laboratoire en clinique vétérinaire. Maloine ed, Paris, p9, 543p.
- 173. VALLEJO-TIMARAN D., MONTOYA-ZULUAGA J., CASTILLO-VANEGAS V., MALDONADO-ESTRADA J. (2020) :** Parity and season affect hematological, biochemical, and milk parameters during the early postpartum period in grazing dairy cows from high-tropics herds. *Heliyon.*, Volume 6, Issue 5, e04049. DOI : 10.1016/j.heliyon.2020.e04049.
- 174. VALTY C.V. (2015):** Les Intoxications végétales chez les ruminants. Thèse Med Vet. ENVA, Paris, 339 p.
- 175. VAURETTE D. (1975) :** Techniques de base pour le laboratoire des centres de santé, ACAUPED. Manuel de laboratoire (OMS).
- 176. WADA T., ISHIKAWA K., KOSEKI H., ISHIKURA T., UGAJIN T., OHNUMA N., OBATA K., ISHIKAWA R., YOSHIKAWA S., MUKAI K., KAWANO Y., MINEGISHI Y., YOKOZEKI H., WATANABE N., KARASUYAMA H. (2010) :** Selective ablation of basophils in mice reveals their nonredundant role in acquired immunity against ticks, *J. Clin. Invest.*, 120(8):2867–2875.
- 177. WEBB J.L., LATIMER K.S. (2011) :** Leukocyts. *In* **LATIMER K.S. (2011) :** Duncan and Prasse's veterinary laboratory medicine: clinical pathology. Wiley-Blackwell 5th ed, Chichester, UK, p55, 509p.
- 178. WEIL J.H. BOULANGER Y. (2005):** Proteines (Chap 2) *In* : **WEIL J.H. (2005) :** Biochimie générale. Dunod 10^{ème} ed, Paris, 31-62, 726p.
- 179. WIDMAIER E.P., RAFF H., STRANG K.T. (2013):** Physiologie humaine. Maloine 6^{ème} ed, Paris, 766p.
- 180. WILLARD M.D. (1993) :** Déséquilibre électrolytiques et déséquilibre acido-basiques (chap 6), *In* **WILLARD M.D. (1993):** Le laboratoire en clinique vétérinaire, Maloine ed, Paris, 151-178, 543p.
- 181. WILLARD M.D., TURNWALD G.H. (1993) :** Troubles endocriniens, troubles métaboliques et troubles lipidiques (chap 8), *In* **WILLARD M.D. (1993):** Le laboratoire en clinique vétérinaire, Maloine ed, Paris, 228-281, 543p.

- 182. WINNICKA A. (2008) :** Reference values in basic laboratory analyses in veterinary medicine. Publishing House of the Warsaw University of Life Sciences, Warsaw, pp17-39, 99 (Pl).
- 183. YEKHLEF H. (1989):** La production extensive de lait en Algérie. Option Méditerranéennes – Série Séminaires, (6):135 – 139.
- 184. ZANKER I.A., HAMMON H.M., BLUM J.W. (2001) :** Delayed feeding first colostrum: are there prolonged effects on haematological, metabolic and endocrine parameters and on growth performance in calves?. *J Physiol a Anim Nutr.*, 85:53-66. DOI: 10.1046/j.1439-0396.2001.00296.x.

REFERENCES NETOGRAPHIQUES

- 185. ANONYME 1:** [http:// www.la viande.fr ...](http://www.la-viande.fr...) L'élevage dans le monde, défis et diversité (Les grands pays producteurs de lait et de viandes d'herbivores), (consulté Nov 2017).
- 186. ANONYME 2 : MADR, 2018.** <http://madrp.gov.dz/>, (Consulté Sep 2020).
- 187. ANONYME 3:** <http://hematocell.univ-angers.fr/index.php/enseignement-de-lhematologie-cellulaire/globules-rouges-et-leur-pathologie/20-erythropoiese>.
- 188. ANONYME 4:** https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-94bba80d9e913c67928960a2d1cade70_, modifié (consulté Aou 2020).
- 189. ANONYME 5:** [https://fr.wikipedia.org/wiki/Hémoglobine_foetale](https://fr.wikipedia.org/wiki/H%C3%A9moglobine_foetale), (consulté Nov 2015).
- 190. ANONYME 6:** <https://themedicalbiochemistrypage.org/wp-content/uploads/2020/04/3hemes.jpg>, (consulté Aou 2020).
- 191. ANONYME 7:** <https://1.bp.blogspot.com/-e6Smqg7Onuk/TRjRXgT54SI/AAAAAAAAAPg/uD7QS5FaHqM/s1600/HB.jpg>, (consulté Oct 2017).
- 192. ANONYME 8:** <https://image.slidesharecdn.com/dterminationdelhmatocrite-160926161040/95/dtermination-de-lhmatocrite-9-638.jpg?cb=1474906318> , modifié (consulté Oct 2017).
- 193. ANONYME 9:** [http:// www.fascicules.fr/polycopies hématologie-7.html](http://www.fascicules.fr/polycopies-hematologie-7.html), hématologie-polycopie-hémogramme VGM, TGMH, CCMH. 2009/2010, (Consulté Sep 2015).
- 194. ANONYME 10 :**
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/projects/pmh/PMH_Authoring/media/Images/originals/CD_R0000596562.jpg, (consulté Oct 2017).
- 195. ANONYME 11:** <http://www.fybikon.no/image/biologi/fysiologi/06010-thomastellekammer.jpg?width=800&lb=true> ,
http://www.bioltrop.fr/IMG/png/Cellule_vue_en_coupe-2.png, (consulté Oct 2017).
- 196. ANONYME 12:** https://www.marienfeld-superior.com/files/Medien/Produkte/Blutuntersuchung/Blutmischpipetten/32.080.000_32.090.000.jpg, (ocnulté le 12/8/2020).
- 197. ANONYME 13:**
<https://media.socimed.com/media/catalog/product/cache/3/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/h/e/hemoglobinometre-de-sahli-complet-en-etui.jpg>, (consulté Jan 2021).
- 198. ANONYME 14:** http://univ.ency-education.com/uploads/1/3/1/0/13102001/ensa_tp_hematologie.pdf. Travaux pratiques de physiologie animale – Janvier 2011.

- 199. ANONYME 15:** Hémoglobine méthode colorimétriques (cyanméthémoglobine), www.biolabo.fr, 2011.
- 200. ANONYME 16:** <http://guide.medicaexpo.com/fr/bien-choisir-un-analyseur-dhematologie/> (consulté le 5/1/2021).
- 201. ANONYME 17:** <https://www.pleinchamp.com/actualite/elevage~maladies-sanguines-liees-aux-tiques-piroplasmose-anaplasnose>, (Consulté Avr 2021).
- 202. ANONYME 18:** Université de Liège (ULg), GMV1 2010-2011, pathologie des maladies parasitaires, maladies parasitaires des bovins 3. <http://www.dmipfmv.ulg.ac.be/parasitovet/m/doc1/BovinPart3.pdf> (consulté Nov 2017).
- 203. ANONYME 19:** Université de Liège (ULg), GMV1 2010-2011, pathologie des maladies parasitaires, maladies parasitaires des bovins 1. <http://www.dmipfmv.ulg.ac.be/parasitovet/m/doc1/BovinPart1.pdf> (consulté Nov 2017).
- 204. ANONYME 20 :** [https://fr.wikipedia.org/wiki/Constantine_\(Alg%C3%A9rie\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Constantine_(Alg%C3%A9rie)), (consulté Jan 2021).
- 205. ANONYME 21:** [https://fr.wikipedia.org/wiki/Mila_\(Alg%C3%A9rie\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Mila_(Alg%C3%A9rie)), (consulté Jan 2021).
- 206. ANONYME 22:** <https://fr.climate-data.org/>, (consulté Jan 2021).
- 207. ANONYME 23:** <https://planificateur.a-contresens.net/>, (consulté Jan 2021).
- 208. ANONYME 24:** <https://fr.weatherspark.com/>, (consulté Jan 2021).
- 209. ANONYME 25:** Fiche de représentation de la ferme pilote BAARAOUIA. http://www.giplait.dz/IMG/pdf/fiches_d_identifications_fp_baaraouia.pdf.
- 210. ANONYME 26 :** <https://youtu.be/RwmA5W4mkZ8>, (consulté Jan 2021).

ANNEXES



CENTRE DIAGNOSTIQUE MEDICAL AL-MAHMOUDI

Analyses médicales- Scanner 16 barrettes-Echographie-Echo Doppler

Mammographie -Panoramique dentaire. Tél :031 78 66 25 Fax 031 78 66 24

Le 21/03/2020

RESULTATS D'ANALYSES

N° d'Ordre: **2,737**

Nom, prénom: **1T 4, 4 Ans**

Date de la demande **21/03/2020**



Examen demandé	Résultat	Norme
BIOCHIMIE MINDRAY BS300		
FNS		
GB	11.82 10 ³ /uL	4.00-10.00 10 ³ /uL
LYM	6.68 10 ³ /uL	0.80-4.00 10 ³ /uL
MON	2.34 10 ³ /uL	0.10-1.50 10 ³ /uL
GRA	2.80 10 ³ /uL	2.00-7.00 10 ³ /uL
LYM%	56.5 %	20.0-40.0 %
MON%	19.8 %	3.0-15.0 %
GRA%	23.7 %	50.0-70.0 %
GR	6.09 10 ⁶ /uL	3.50-5.50 10 ⁶ /uL
HB	10.3 g/dL	11.5-17.5 g/dL
HT	29.1 %	35.0-60.0 %
VGM	47.7 fL	80.0-100.0 fL
TGMH	17.0 pg	27.0-34.0 pg
CCMH	35.5 g/dL	32.0-36.0 g/dL
IDR	16.3 %	11.5-14.5 %
IDR-DS	30.6 fL	35.0-56.0 fL
PLA	285 10 ³ /uL	150-450 10 ³ /uL
UMP	6.9 fL	7.0-11.0 fL
THT	0.196 %	0.108-0.282 %
IDP	8.2 fL	9.0-17.0 fL

CDM AL MAHMOUDI DR.Benzaoui L.

CDM. AL-MAHMOUDI
Dr BENZAOUI Leila
Spécialiste en Biologie



CENTRE DIAGNOSTIQUE MEDICAL AL-MAHMOUDI

Analyses médicales- Scanner 16 barrettes-Echographie-Echo Doppler

Mammographie -Panoramique dentaire. Tél :031 78 66 25 Fax 031 78 66 24

Le 21/03/2020

RESULTATS D'ANALYSES

N° d'Ordre: **2,762**

Nom, prénom: **1T 29, 4 Ans**

Date de la demande **21/03/2020**



Examen demandé	Résultat	Norme
BIOCHIMIE MINDRAY BS300		
FNS		
GB	11.51 10³/uL	4.00-10.00 10 ³ /uL
LYM	6.33 10³/uL	0.80-4.00 10 ³ /uL
MON	2.22 10³/uL	0.10-1.50 10 ³ /uL
GRA	2.96 10³/uL	2.00-7.00 10 ³ /uL
LYM%	55.0 %	20.0-40.0 %
MON%	19.3 %	3.0-15.0 %
GRA%	25.7 %	50.0-70.0 %
GR	7.19 10⁶/uL	3.50-5.50 10 ⁶ /uL
HB	10.7 g/dL	11.5-17.5 g/dL
HT	32.0 %	35.0-60.0 %
VGM	44.5 fL	80.0-100.0 fL
TGMH	14.9 pg	27.0-34.0 pg
CCMH	33.5 g/dL	32.0-36.0 g/dL
IDR	17.3 %	11.5-14.5 %
IDR-DS	30.1 fL	35.0-56.0 fL
PLA	313 10³/uL	150-450 10 ³ /uL
UMP	6.9 fL	7.0-11.0 fL
THT	0.216 %	0.108-0.282 %
IDP	8.2 fL	9.0-17.0 fL
Calcémie	99.33 mg/l	mg/l Nouveau Né: 100 - 120 Enfant : 80 -130 Adulte : 85 -105
Ionogramme Sanguin		
Sodium (NA ⁺)	139 meq/l	135 - 145 meq/l
Potassium (K ⁺)	3.9 meq/l	3.5 - 5.5 meq/l
Chlore (CL ⁻)	98 meq/l	98 - 108 meq/l
Phosphore Sanguin	53.84 mg/l	mg/l Enfant: 40 - 70 mg/l

CDM . AL-MAHMOUDI
Dr BENZAOUI Leila
Spécialiste en Biologie

Résultats statistiques du test ANOVA sans le Chi carré et les étendues multiples

L'AGE

Tableau I: Résultats statistiques de l'ANOVA sur les paramètres de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction de l'âge

Paramètres	Degré de liberté (DDL)	Valeur de Fischer (F)	Probabilité	Niveau de signification
GR	58	12,53	0,00000202	S ***
Hb	58	10,15	0,000018	S ***
Ht	58	15,26	0,000000197	S ***
PLA	58	14,66	0,000000323	S ***
VGM	58	46,14	2,26 ^{e-15}	S ***
TGMH	58	6,704	0,000582	S ***
CCMH	58	8,626	0,00008	S ***

Tableau II: Résultats statistiques de l'ANOVA sur les paramètres de la lignée blanche en fonction de l'âge

Paramètres	Degré de liberté (DDL)	Valeur de Fischer (F)	Probabilité	Niveau de signification
GB	58	10,03	0,0000202	S ***
LYM	58	9,988	0,0000211	S ***
MON	58	9,949	0,0000218	S ***
NEU	58	11,28	0,00000622	S ***
EOS	58	5,008	0,00372	S **
BASO	Non applicable			

LA RACE

Tableau III: Résultats statistiques de l'ANOVA sur les paramètres de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction de la race

Paramètres	Degré de liberté (DDL)	Valeur de Fischer (F)	Probabilité	Niveau de signification
GR	10	1,976	0,19	NS
Hb	10	3,994	0,0736	NS
Ht	10	3,882	0,0771	NS
PLA	10	0,993	0,343	NS
VGM	10	2,208	0,168	NS
TGMH	10	1,387	0,584	NS
CCMH	10	1,769	0,213	NS

Tableau IV: Résultats statistiques de l'ANOVA sur les paramètres de la lignée blanche en fonction de la race

Paramètres	Degré de liberté (DDL)	Valeur de Fischer (F)	Probabilité	Niveau de signification
GB	10	2,941	0,117	NS
LYM	10	0,599	0,457	NS
MON	10	0,13	0,726	NS
NEU	10	13,5	0,00429	S **
EOS	10	0,031	0,864	NS
BASO	10	0,017	0,898	NS

LE SEXE

Tableau V: Résultats statistiques de l'ANOVA sur les paramètres de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction du sexe

Paramètres	Degré de liberté (DDL)	Valeur de Fischer (F)	Probabilité	Niveau de signification
GR	28	0,717	0,404	NS
Hb	28	0,818	0,374	NS
Ht	28	0,744	0,396	NS
PLA	28	6,467	0,0168	S *
VGM	28	1,083	0,307	NS
TGMH	28	5,136	0,0313	S *
CCMH	28	4,714	0,0385	S *

Tableau VI: Résultats statistiques de l'ANOVA sur les paramètres de la lignée blanche en fonction du sexe

Paramètres	Degré de liberté (DDL)	Valeur de Fischer (F)	Probabilité	Niveau de signification
GB	28	1,838	0,186	NS
LYM	28	1,605	0,216	NS
MON	28	2,542	0,122	NS
NEU	28	0,539	0,469	NS
EOS	28	0,002	0,961	NS
BASO	28	2,108	0,158	NS

LE STADE PHYSIOLOGIQUE

Tableau VII: Résultats statistiques de l'ANOVA sur les paramètres de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction du stade physiologique

Paramètres	Degré de liberté (DDL)	Valeur de Fischer (F)	Probabilité	Niveau de signification
GR	56	9,662	0,0000309	S ***
Hb	56	0,884	0,455	NS
Ht	56	10,52	0,0000137	S ***
PLA	56	0,856	0,47	NS
VGM	56	4,583	0,00612	S **
TGMH	56	15,62	0,000000168	S ***
CCMH	56	7,22	0,000352	S ***

Tableau VIII: Résultats statistiques de l'ANOVA sur les paramètres de la lignée blanche en fonction du stade physiologique

Paramètres	Degré de liberté (DDL)	Valeur de Fischer (F)	Probabilité	Niveau de signification
GB	56	9	0,0000586	S ***
LYM	56	10,17	0,000019	S ***
MON	56	3,522	0,0207	S *
NEU	56	6,742	0,00058	S ***
EOS	56	2,714	0,0534	NS
BASO	Non applicable			

Tableau IX: Résultats statistiques de l'ANOVA sur les ions en fonction du stade physiologique

Paramètres	Degré de liberté (DDL)	Valeur de Fischer (F)	Probabilité	Niveau de signification
Na	56	1,999	0,125	NS
K	56	6,749	0,000576	S ***
Cl	56	4,907	0,00425	S **
Ca	56	22,73	9,38 ^{e-10}	S ***
P	56	20,12	0,00000000565	S ***

LA SAISON

Tableau X: Résultats statistiques de l'ANOVA sur les paramètres de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction de la saison

Paramètres	Degré de liberté (DDL)	Valeur de Fischer (F)	Probabilité	Niveau de signification
GR	52	1,763	0,166	NS
Hb	52	1,86	0,148	NS
Ht	52	1,229	0,309	NS
PLA	52	0,731	0,538	NS
VGM	52	0,562	0,642	NS
TGMH	52	3,041	0,037	S *
CCMH	52	26,61	1,44 ^{e-10}	S***

Tableau XI: Résultats statistiques de l'ANOVA sur les paramètres de la lignée blanche en fonction de la saison

Paramètres	Degré de liberté (DDL)	Valeur de Fischer (F)	Probabilité	Niveau de signification
GB	52	2,028	0,121	NS
LYM	52	1,925	0,137	NS
MON	52	5,207	0,00321	S **
NEU	52	1,558	0,211	NS
EOS	52	0,852	0,472	NS
BASO	52	1,245	0,303	NS

LE SYSTEME D'ELEVAGE

Tableau XII: Résultats statistiques de l'ANOVA sur les paramètres de la lignée rouge et indices érythrocytaires en fonction du système d'élevage

Paramètres	Degré de liberté (DDL)	Valeur de Fischer (F)	Probabilité	Niveau de signification
GR	18	3,696	0,0705	NS
Hb	18	12,81	0,00214	S **
Ht	18	5,439	0,0315	S *
PLA	18	0,033	0,858	NS
VGM	18	0,209	0,653	NS
TGMH	18	2,22	0,154	NS
CCMH	18	0,932	0,347	NS

Tableau XIII: Résultats statistiques de l'ANOVA sur les paramètres de la lignée blanche en fonction du système d'élevage

Paramètres	Degré de liberté (DDL)	Valeur de Fischer (F)	Probabilité	Niveau de signification
GB	18	0,332	0,571	NS
LYM	18	0,036	0,851	NS
MON	18	4,125	0,0573	NS
NEU	18	2,695	0,118	NS
EOS	18	6,583	0,0194	S *
BASO	18	1	0,331	NS

PUBLICATION

Seasonal variations in hematological profile of Holstein dairy cows as an indicator for physiological status assessment

M. Mekroud¹, N. Arzour-Lakehal¹, N.A. Ouchene-Khelifi^{1, 2}, N. Ouchene^{1, 2*}, A. Titi¹, A. Mekroud¹

AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, VOL. 13, N° 1, pp 28-33, 2021



Nutrition and Physiology

Seasonal variations in hematological profile of Holstein dairy cows as an indicator for physiological status assessment

M. Mekroud¹, N. Arzour-Lakehal¹, N.A. Ouchene-Khelifi^{1,2}, N. Ouchene^{1,2*}, A. Titi¹, A. Mekroud¹

¹PADESCA laboratory, Institute of Veterinary Sciences, Road of Guelma 25100 El Khroub, University of Mentouri Brothers, Constantine 1, Algeria

²Institute of Veterinary Sciences, University of Saad Dahlab Blida 1, Road of Soumaa, BP 270, 09000, Blida, Algeria

(Manuscript received 1 July 2020; accepted for publication 25 January 2021)

Abstract. This study aims to investigate, for the first time in Algeria, the effect of seasonal climatic changes on the hematological profile of Holstein dairy cows as an indicator for their physiological status assessment. The study was conducted between November 2018 and October 2019 and was performed on a lot of 14 dairy cows. Blood samples were collected quarterly during this study period. The data regarding seasonal changes in hematological parameters were not significant concerning red blood cell count (RBC), hemoglobin concentration (Hb) and mean corpuscular volume (MCV). However, variations were significant for hematocrit (HCT), mean corpuscular hemoglobin content (MCH), mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) and blood platelets (PLT). The percentage of HCT was higher in autumn (27.99%) and spring (28.58%) compared to winter (26.52%) and summer (26.75%), ($p < 0.05$). MCH, MCHC and PLT levels were higher in summer compared to the other seasons ($p < 0.05$), ($p < 0.01$) and ($p < 0.001$), respectively. The highest number of WBC was generally observed in summer and autumn and the lowest in winter and spring ($p < 0.01$). The ratio neutrophils/lymphocytes (N:L) was equal to 1.01, 0.79, 0.98 and 0.89 in autumn, winter, spring and summer, respectively of which this difference was not significant. This study might be helpful for providing base line information on the hematological profile of dairy cattle for the evaluation of physiological status.

Keywords: changes, dairy cows, hematological parameters, seasons

Introduction

The evaluation of the physiological status is essential as a reference for the development of different livestock maintenance systems. The hematological profile is one of the physiological variables that can provide crucial information for the diagnosis, monitoring and prognosis of disease progression, production and welfare of livestock, which can have an impact on increasing livestock production and productivity (Bezerra et al., 2017).

For ruminants, hematological parameters depend on many factors such as animal's physiological status, age, management system (Brucka-Jastrzębska et al., 2007; Botezatu et al., 2014) and season (Farooq et al., 2017). The influence of seasonal variations on hematological parameters has been largely studied in various animal species; in dairy cows (Abdelatif and Alameen, 2012; Casella et al., 2013; Vallejo-Timaran et al., 2020), sheep (Rathwa et al., 2017), goats (Banerjee et al., 2015), Cholistani service bulls (Farooq et al., 2017) and Dromedary camel (Babeker et al., 2013).

Changes in hematological parameters are possible

indicators to predict the potential resistance of cattle to different climatic conditions. Cattle resistant to dry and hot climates are expected to show the slightest changes in haematological parameters when exposed to high temperatures and feed shortages (Radkowska and Herbut, 2014; Dzavo et al., 2020). To determine the abnormal physiological situation in cattle, values from hematological analysis should be compared with ranges of standard values (Winnicka, 2008; George et al., 2010).

In Algeria, the cattle population represents about 6% of the total population (sheep, goats, cattle, camels and horses) with a total of 1.9 million individuals of which 52% are dairy cows (MADR, 2018). Three breeding systems are identified in Algeria: extensive, semi-intensive and intensive. The extensive system concerns 40% of milk production and 78% of meat production in the country (Nedjraoui, 2006).

Considering that the hematological profile is of great importance in monitoring the health status of dairy cows and that environmental conditions are considered as physiological stressors that affect the cattle's biological system, the objective of this investigation was to study seasonal variations in the hematological profile of

*e-mail: ouchenenaa@gmail.com

Holstein dairy cows as an indicator for their physiological status assessment. The obtained results, for the first time in Algeria, could be used as reference data until a large-scale study on a larger population of this breed is carried out.

Material and methods

Study area

The study was conducted between November 2018 and October 2019 at the Baaraouia pilot dairy farm in Constantine region, north-east Algeria (36°16'20" N; 6°40'19" E) (Figure 1). This region of 626 m altitude is recognized for its semi-arid climate characterized by a cold winter and a hot and dry summer. The temperature during the monitoring period was 27.5±7.5°C in summer, 18.5±9.5°C in autumn, 8.0±5.0°C in winter and 14.5±9.5°C in spring. Relative humidity was 53.8±28.8%, 63.4±27.8%, 73.8±20.6% and 64.8±27.8% in summer, autumn, winter and spring. The average annual precipitation was 630 mm (Constantine weather station, 2019).



Figure 1. Map of the study area

Animals

The study involved Holstein cows aged between 5 and 6 years of which milk production ranged from 19 to 20 liters cow/ day. The cows' dry-off is done at the beginning of the 8th month of gestation. The insemination of the cows is artificial.

During the study period, all the cows were homogeneous in terms of health status, age groups and physiological stages in order to keep only one factor of variation, which is the season. Dairy cow selection criteria excluded clinically ill animals detected by veterinary clinical examination. This clinical visit was carried out on the day of the blood test.

The housing system of the cows is semi-intensive where the animals are kept on pasture for six hours per day and then receive hay and straw (8 kg/cow/day) in two daily rations with a distribution of barley silage between November and March. Dairy cows receive an additional 8-9 kg/cow/day of concentrate. Water is provided *ad libitum*.

Blood samples collection

The study was performed on lots of 14 dairy cows. Blood samples were collected quarterly during the study period,

aseptically from the coccygeal vein, which is considered the most accessible vein (with the jugular vein) and the most commonly used for blood collection in cattle. The blood was mixed with the anticoagulant in the tube carefully. Individual blood samples were collected in the morning, before food distribution. Blood samples were taken into vacuum tubes containing EDTA and sent immediately to the laboratory in a cooler at +4°C. During the blood samples collection animals were calm to avoid changes in the blood parameters due to stress.

Laboratory analysis

The following hematological parameters were analyzed: red blood cell count (RBC, *10⁶/μL), hemoglobin concentration (Hb, g/dl), hematocrit (HCT, %), mean corpuscular volume (MCV, μm³), mean corpuscular hemoglobin content (MCH, pg), mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC, g/dl), blood platelets (PLT, *10³/μL), and white blood cell count (WBC, *10³/μL) including neutrophils (NEU, *10³/μL), eosinophils (EOS, *10³/μL), basophils (BAS, *10²/μL), lymphocytes (LYM, *10³/μL) and monocytes (MON, *10³/μL). All these parameters were performed using a hematology automate (MINDRAY BC3000 Plus, Ref SKU-BC-3000Plus, China) and (BIOTA, Ref VABIO 360, Turkey).

The relative values of the leukocyte formula are established on the basis of microscopic observation of blood smears stained by the May-Grünwald Giemsa staining technique (kit RAL 555, RAL diagnosis, Martillac, France). Absolute values are then calculated from the total number of white blood cells for each cow. Mean values for each blood parameter were calculated for each season.

Statistical analysis

The statistical program used was R i386 3.0.2 for Windows GUI front-end. Chi square test and multiple range tests were used for the statistical analysis. The threshold value of different tests was p<0.05.

Results

The data regarding seasonal changes in hematological parameters in dairy cows are presented in Tables 1 and 2. The results showed that seasonal changes were not significant concerning RBC, Hb and MCV (Table 1). However, variations were significant for HCT, MCH, MCHC and PLA. The percentage of HCT was higher in autumn (27.99%) and spring (28.58%) compared to winter (26.52%) and summer (26.75%), (p<0.05). The MCH was higher in summer compared to the other seasons (p<0.05). The highest MCHC level in blood was observed in summer (37.20 g/dl) then this level decreased gradually in autumn (35.21 g/dl) and winter (34.21 g/dl) to the lowest level in spring (32.97g/dl) (p<0.01) The highest number of platelets was observed in summer (379.57*10³/μl) and the lowest number in winter (330.93*10³/μl), (p<0.001) (Table 1).

Table 1. Seasonal changes in hematological parameters of red blood cells in dairy cows

Parameters	Autumn (CI, 95%)	Winter (CI, 95%)	Spring (CI, 95%)	Summer (CI, 95%)	p-value
RBC (*10 ⁶ /μL)	5.78 _a (5.26-6.30)	5.40 _a (5.02-5.78)	5.80 _a (5.32-6.28)	5.65 _a (4.99-6.31)	
Hb (g/dl)	9.84 _a (6.82-11.35)	9.09 _a (8.44-9.74)	9.42 _a (8.59-10.25)	9.96 _a (8.78-11.14)	
HTC (%)	27.99 _a (23.44-32.54)	26.52 _b (24.62-28.42)	28.58 _a (25.65-31.51)	26.75 _b (23.38-30.12)	p<0.05
MCV (μm ³)	49.09 _a (41.96-56.22)	49.30 _a (46.21-52.39)	49.38 _a (45.97-52.79)	47.46 _a (44.31-50.61)	
MCH(pg)	16.92 _a (15.37-18.47)	16.81 _a (15.84-17.78)	16.21 _a (15.44-16.98)	17.65 _a (16.08-19.22)	
MCHC (g/dl)	35.21 _b (33.22-37.20)	34.21 _c (33.56-34.86)	32.97 _d (32.01-33.93)	37.20 _a (36.02-38.38)	p<0.01
PLT(*10 ³ /μL)	355.07 _b (256.58- 453.56)	330.93 _d (268.76-393.1)	346.93 _c (281.84- 412,02)	379.57 _a (362.51-396.63)	p<0.001

_{a,b,c,d} Values that have not the same letter in the same line are different at p<0.05;

Red blood cell count (RBC), hemoglobin concentration (Hb), hematocrit (HCT), mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin content (MCH), mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) and blood platelets (PLT).

The dendrogram shows that seasonal changes of the hematological parameters of RBC are divided into three groups (Figure 2). The first group includes the hematological results of spring and autumn; the second group includes the summer hematological results. Winter is the third group.

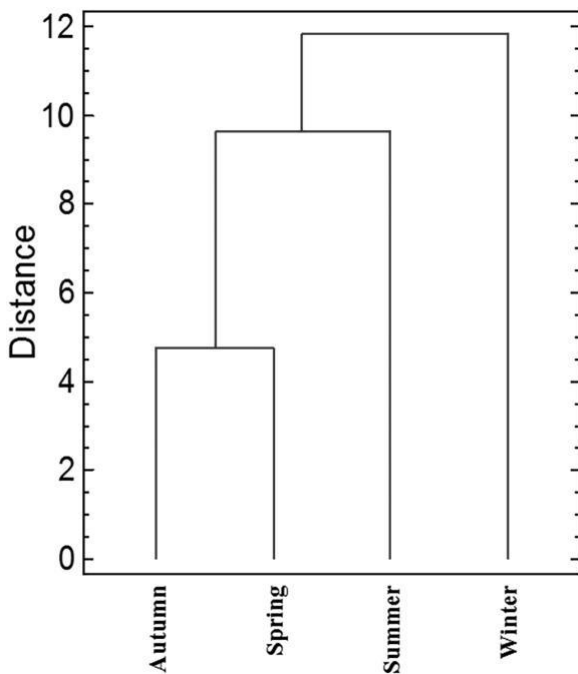


Figure 2. Dendrogram of the different hematological parameters of red blood cells in dairy cows according to the season

Results of the hematological analysis of WBC show a significant seasonal variation (p<0.01). The highest values were generally observed in summer and autumn and the lowest in winter and spring (Table 2). The ratio neutrophils/lymphocytes (N:L) was equal to 1.01, 0.79, 0.98 and 0.89 in autumn, winter, spring and summer, respectively. The differences between the seasons were not significant.

The dendrogram, presented in Figure 3, shows that

seasonal changes in hematological parameters of WBC are divided into two groups. The first group includes hematological results of summer and autumn and the second group includes those of winter and spring.

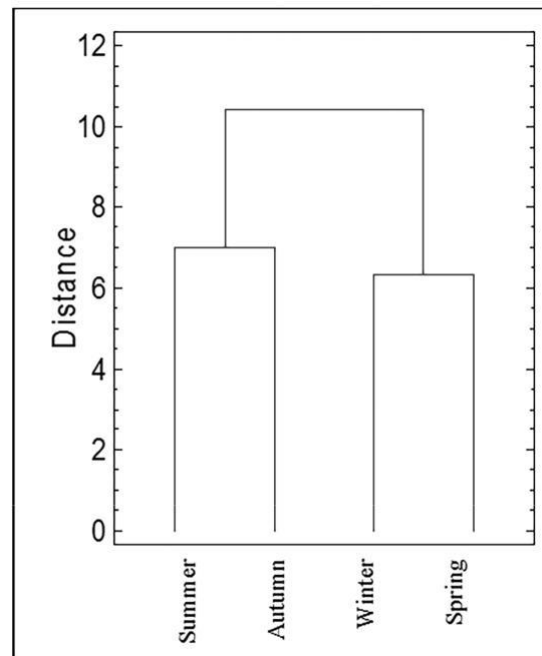


Figure 3. Dendrogram of the different hematological parameters concerning of white blood cells in dairy cows according to the season

Discussion

The hematological profile in clinically normal lactating cows is affected by many factors such as animal's physiological status, management system, stage of lactation, and season (Brucka-Jastrzębska et al., 2007; Farooq et al., 2017; Dzavo et al., 2020). In this study, we investigated seasonal variations in the hematological profile of Holstein dairy cows as an indicator for the evaluation of physiological status. The average results of

the blood parameters, reported in the present study, were within the range of reference values for healthy dairy cows (Winnicka, 2008; George et al., 2010). The results obtained are consistent with other reports (Giri et al., 2016; Farooq et al., 2017).

The most common indications for RBC analysis are clinical anemia or hemorrhage. In the case of absolute anemia, RBC value decreases (Brockus, 2011). In this finding, no cases

of hemorrhage or anemia were recorded as the RBC values remained comparatively high and unchanged throughout the year. This was confirmed elsewhere (Babeker et al., 2013). RBC values can be incorrect due to hemolysis or an inadequate blood sample/anticoagulant ratio, which can lead to dilution of RBC (Jones and Allison, 2007). All these remarks have been taken into consideration in our study.

Table 2. Seasonal changes in hematological parameters of white line or white blood cells categories in dairy cows

Parameters	Autumn (CI, 95%)	Winter (CI, 59%)	Spring (CI, 59%)	Summer (CI, 59%)	p-value
WBC (*10 ³ /μL)	10.66 _b (5.25-16.07)	8.31 _c (4.01-12.61)	7.91 _c (2.82-13)	12.01 _a (6.4-17.62)	p<0.01
LYM (*10 ³ /μL)	4.18 _b (4.0-4.36)	3.89 _c (3.55-4.24)	3.09 _d (1.03-5.15)	4.99 _a (4.51-5.48)	p<0.01
MON (*10 ³ /μL)	0.26 _b (0.20-0.32)	0.25 _b (0.01-0.49)	0.17 _c (0.01-0.33)	0.53 _a (0.45-0.61)	p<0.01
NEU (*10 ³ /μL)	4.48 _b (4.33-4.62)	3.16 _b (2.54-3.79)	3.14 _b (1.12-5.16)	4.92 _a (4.27-5.57)	p<0.01
EOS (*10 ³ /μL)	1.67 _b (0.40-2.94)	0.96 _d (0.34-1.59)	1.47 _c (0.57-2.37)	1.53 _a (0.69-2.37)	p<0.01
BAS (*10 ³ /μL)	0.59 _a (0.42-0.76)	0.28 _b (0.24-0.31)	0.20 _c (0.16-0.23)	0.16 _d (0.12-0.20)	p<0.01

^{a,b,c,d} Values that have not the same letter in the same line are different at p<0.05;

White blood cell (WBC), lymphocytes (LYM), monocytes (MON), neutrophils (NEU), eosinophils (EOS) and basophils (BAS).

In our study, no significant seasonal effects on Hb concentration were found, however, Hb concentration decreased insignificantly (p>0.05) during the winter compared to the other three warmer seasons. This result is consistent with the results of other studies (Kumar and Pachauri, 2000; Farooq et al., 2017). The mechanism of the effect of seasons on blood Hb concentration is still unclear (Farooq et al., 2017), but the energy shift during different seasons to maintain physiological processes controlling heat loss could be a credible justification (Scharf et al., 2010; Fadare et al., 2012).

In agreement with Rowlands et al. (1977) and Casella et al. (2013), HCT was significantly higher in spring and autumn than summer and winter. In summer the ambient temperature rises which causes an increase in the animal body temperature associated with an elevation in water consumption and peripheral vasodilatation leading to hemodilution resulting in a reduction in HCT values (Koubkova et al., 2002). In winter, the decrease in HTC value is related to the start of the cow's milk production cycle and the required recovery time after calving which occurred during the winter in our study (Rowlands et al., 1977; Fisher et al., 1980).

The non-significant variation in MCV and MCH during the different seasons in this study indicates that cows are adaptable to harsh climatic conditions without being stressed (Farooq et al., 2017). In agreement with our findings, previous studies have reported higher MCHC in cattle during the summer season (Giri et al., 2017; Dzavo et al., 2020).

PLT play an essential role in hemostasis. In practice, platelet counting may be indicated in cases of severe hemorrhage or increased tendency to hemorrhage (Russell, 2010). Decreased PLT content has been associated with increased summer temperature, which is the main environmental stressor (Casella

et al., 2013). However, the contrary was observed in our study, which could be due to other factors that should be developed in other studies.

WBC (lymphocytes, monocytes, neutrophil, eosinophilic and basophilic) play an essential role in the body's immune defense and constitute a small percentage of the total number of blood cells (Webb and Latimer, 2011). In the present investigation, WBC values were higher in summer, confirming the results obtained in previous reports (Abdelatif et al., 2012; Giri et al., 2016). The rise in temperature in summer stimulates the release of corticosteroids or epinephrine hormones which, in turn, increased the number of WBC (Lateef et al., 2014). This elevation is also due to an increase in subclinical parasitic infection of animals in summer (Rutkowiak, 2001). However, in another report, a significant decrease in WBC during the summer season was described (Al-Shami, 2003) while another study found no seasonal effect on this parameter (McManus et al., 2009).

In this study, lymphocytes were the predominant leukocytes, followed by neutrophils, which is specific to ruminants (Kumar and Pachauri, 2000). Lymphocytes, monocytes, neutrophils and eosinophils were significantly more numerous during the summer. This is consistent with Farooq et al. (2017) and suggests that the overall increase in WBC during the summer was due to an increase in lymphocytes, monocytes, neutrophils and eosinophils. The number of monocytes in cattle is variable between individuals, which indicate that it is therefore not a relevant indicator for a specific disease (Jones and Allison, 2007).

In our survey, the number of basophiles varies significantly between seasons with a high number in autumn. The increase in basophils has often been linked to hyperlipidemia and to

allergies, ulcerations and tick infestations (Tornquist and Rigas, 2010). However, it is not commonly reported in the literature because the number of basophils in the blood is very low (Tornquist and Rigas, 2010; Webb and Latimer, 2011).

This study showed that the season had no significant influence on the neutrophil to lymphocyte (N:L) ratio. This ratio is the most common indicator of stress and the adaptability of animals to the local environment, which generally increases under stress (Minka and Ayo, 2007).

Conclusion

It can be stated that although the hematological values obtained were comparable to the values considered normal for dairy cattle, the season can influence the hematological profile of the dairy cow. Blood parameters influenced significantly by the season are HCT, MCH, MCHC, PLA and WBC. Therefore, this study might be helpful for providing base line information on the hematological profile of dairy cattle for the evaluation of physiological status. This study needs to be further investigated with regard to differences in hematological parameters according to age and sex, with special attention to reproductive status.

References

- Abdelatif AM and Alameen AO**, 2012. Influence of season and pregnancy on thermal and haematological responses of crossbred dairy cows in a tropical environment. *Global Veterinaria*, 9, 334-340
- Al-Shami SA**, 2003. Studies on normal haematological and biochemical parameters of Hassawi cattle breed in Saudi Arabia. *Pakistan Journal of Biology Science*, 6, 1241-1242.
- Babeker EA, Elmansoury YHA and Suleem AE**, 2013. The influence of seasons on blood constituents of Dromedary camel (*Camelus dromedarius*). *Journal of Animal Feed Research*, 3, 1-8.
- Banerjee D, Upadhyay RC, Chaudhary UB, Kumar R, Singh S, Ashutosh, Das TK and De S**, 2015. Seasonal variations in physio-biochemical profiles of Indian goats in the paradigm of hot and cold climate, *Biological Rhythm Research*, 46, 221-236. <https://doi.org/10.1080/09291016.2014.984999>
- Bezerra LR, Oliveira WDC, Silva TPD, Torreão JNC, Marques CAT, Araújo MJ and Oliveira RL**, 2017. Comparative hematological analysis of Morada nova and Santa Inês ewes in all reproductive stages. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 37, 408-414. <https://doi.org/10.1590/s0100-736x2017000400017>
- Botezatu A, Vlagioiu C, Codreanu M and Oraşanu A**, 2014. Biochemical and Hematological profile in cattle effective. *Bulletin UASVM Veterinary Medicine*, 71, 27-30.
- Brockus CW**, 2011. Erythrocytes. In: Duncan and Prasse's veterinary laboratory medicine: clinical pathology (ed. K.S. Latimer), 5th ed., pp. 3-44, Wiley, Chichester, UK.
- Brucka-Jastrzębska E, Kawczuga D, Brzezińska M, Orowicz W and Lidwin-Każmierkiewicz M**, 2007. Dependence of hematological parameters in Simmental breed cattle on physiological conditions. *Medycyna Weterynaryjna*, 63, 1583-1586 (PI with abstract in English).
- Casella S, Scianò S, Zumbo A, Monteverde V, Fazio F and Piccione G**, 2013. Effect of seasonal variations in Mediterranean area on Hematological profile in dairy cow. *Comparative Clinical Pathology*, 22, 691-695. <https://doi.org/10.1007/s00580-012-1468-8>
- Constantine weather station**, 2019. Local weather data (2018-2019), Constantine region, Algeria.
- Dzavo T, Zindove TJ, Dhliwayo M, Chimonyo M and Tivapasi MT**, 2020. Do haematological profiles of cows in drought prone areas differ with conformation? *Spanish Journal of Agricultural Research*, 18, 2, e0604. <https://doi.org/10.5424/sjar/2020182-16029>
- Fadare AO, Peters SO, Yakubu A, Sonibare AO, Adeleke MA, Ozoje MO and Imumorin IG**, 2012. Physiological and haematological indices suggest superior heat tolerance of white-coloured West African Dwarf sheep in the hot humid tropics. *Tropical Animal Health and Production*, 45, 157-165.
- Farooq U, Ahmad N, Ahmad I, Mahmood SA, Andrabi SMH and Idris M**, 2017. Effect of seasonal variations on the haematochemical profile of Cholistani service bulls. *Journal of Applied Animal Research*, 45, 85-89. <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1125351>
- Fisher PP, Wilson LL and Scholz RW**, 1980. Environmental and genetic effects on haematologic characteristics of beef cows. *American Journal of Veterinary Research*, 41, 1533-1536.
- George JW, Snipes J and Lane VM**, 2010. Comparison of bovine hematology reference intervals from 1957 to 2006. *Veterinary Clinical Pathology*, 39, 138-148
- Giri A, Bharti VK, Kalia S, Ravindran VT, Ranjan P, Kundan TR and Kumar B**, 2016. Seasonal changes in hematological and biochemical profile of dairy cows at high altitude cold desert. *International Journal of Bioassays*, 5, 5156-5162. <http://dx.doi.org/10.21746/ijbio.2016.12.009>
- Jones ML and Allison RW**, 2007. Evaluation of the ruminant complete blood cell count. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 23, 377-402
- Koubkova M, Knizkova L, Kunc P, Hartlova H, Flusser J and Dolezal O**, 2002. Influence of high environmental temperatures and evaporative cooling on some physiological, hematological and biochemical parameters in high-yielding dairy cows. *Czech Journal of Animal Science*, 47, 309-318.
- Kumar B and Pachauri SP**, 2000. Hematological profile of crossbred dairy cattle to monitor herd health status at medium elevation in central Himalayas. *Research in Veterinary Science*, 141-145.
- Lateef A, Das H, Panchasara HH, Nilufar H and Sanap MJ**, 2014. Seasonal effects on milk yield, erythrocytic and leukocytic indices of Kankrej cattle (*Bos indicus*). *Veterinary World*, 7, 472-477. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2014.472-477>
- MADR**, 2018. Statistiques agricoles. <http://madrp.gov.dz/agriculture/statistiques-agricoles/>

- McManus C, Prescott E, Paludo GR, Bianchini E, Louvandini H and Mariante AS**, 2009. Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. *Livestock Science*, 120, 256-264.
- Minka NS and Ayo JO**, 2007. Physiological responses of transported goats treated with ascorbic acid during the hot dry season. *Animal Science Journal*, 78, 164-172.
- Nedjraoui D**, 2006. Algeria: Country Pasture/Forage Resource Profiles, FAO, p. 28.
- Rathwa SD, Vasava AA, Pathan MM, Madhira SP, Patel YG and Pande AM**, 2017. Effect of season on physiological, biochemical, hormonal, and oxidative stress parameters of indigenous sheep. *Veterinary World*, 10, 650-654. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.650-654>
- Rowlands GJ, Little W and Kitchenham BA**, 1977. Relationship between blood composition and fertility in dairy cows - a field study. *Dairy Research*, 44, 1-7. <https://doi.org/10.1017/s0022029900019889>
- Russell KE**, 2010. Platelet kinetics and laboratory evaluation of thrombocytopenia. In: Schalm's veterinary hematology (eds. D.J. Weiss and K.J. Wardrop), 6th ed., pp. 576-585, Wiley, Ames, IA.
- Rutkowiak B**, 2001. Laboratory blood tests in prophylaxis of non-infectious diseases of cattle – history or necessity. *Zycie Weterynaryjne*, 76, 196-201.
- Scharf B, Carroll JA, Riley DG, Chase CCJr, Coleman SW, Keisler DH, Weaber RL, Spiers DE**, 2010. Evaluation of physiological and blood serum differences in heat tolerant (Romosinuano) and heat tolerant susceptible (Angus) *Bos Taurus* cattle during controlled heat challenge. *Journal of Animal Science*, 88, 2321-2336.
- Tornquist SJ and Rigas J**, 2010. Interpretation of ruminant leukocyte responses. In: Schalm's veterinary hematology (ed. D.J. Weiss and K.J. Wardrop), 6th ed., pp. 307-313, Wiley, Ames, IA.
- Vallejo-Timaran D, Montoya-Zuluaga J, Castillo-Vanegas V, Maldonado-Estrada J**, 2020. Parity and season affect hematological, biochemical, and milk parameters during the early postpartum period in grazing dairy cows from high-tropics herds. *Heliyon* 6 (2020) e04049. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04049>
- Webb JL and Latimer KS**, 2011. Leukocytes. In: Duncan and Prasse's veterinary laboratory medicine: clinical pathology (ed. K.S. Latimer), 5th ed., pp. 45-82, Wiley, Chichester, UK.
- Winnicka A**, 2008. Reference values in basic laboratory analyses in veterinary medicine. Publishing House of the Warsaw University of Life Sciences, Warsaw, pp. 17-39, 99 (PI).