

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun –Tiaret-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Nutrition et technologie agroalimentaire



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : "Sciences de la Nature et de la Vie"

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Production animale

Thème :

Influence de l'âge et de la parité sur la prévalence des anomalies des hématies chez les bovins dans la région de Tiaret

Présenté par : BRAHMI Ikram

JURY:

		<u>Grade</u>
Présidente :	Mme. OUABED Asmahan	Pr
Promoteur :	Mr. BERRANI Abdelkader	MCB
Examinatrice :	Mme. BELKHEMAS Amina	MCB

Année universitaire : 2024 -2025

Remerciements

*Tout d'abord, je tiens à remercier **Allah Tout-Puissant**, qui a éclairé mon chemin et qui, par Sa seule grâce, m'a permis d'achever ce travail.*

*J'exprime ma profonde gratitude à mon encadrant, Monsieur **BERRANI Abdelkader**, pour sa confiance, ses conseils avisés, sa patience et son accompagnement tout au long de ce travail. Son soutien scientifique et humain a été précieux à chaque étape.*

Mes remerciements vont aussi aux membres du jury :

*Mme. **OUABED** Asmahen et Mme **BELKHEMAS** Amina Pour avoir accepté d'évaluer ce travail*

*Je remercie également **tous les enseignants** de la faculté des sciences de la nature et de la vie l'Université Ibn Khaldoun de Tiaret, pour la qualité de l'enseignement dispensé tout au long de ma formation.*

*Mes remerciements vont également à **l'ensemble des travailleurs de la ferme expérimentale de l'Université Ibn Khaldoun de Tiaret**, ainsi qu'à **tout le personnel du laboratoire Yaagoubi**, pour leur aide précieuse, leur accueil et leur disponibilité.*

*Je tiens à adresser un grand merci à **mes collègues**, pour leur soutien et leur esprit de collaboration.*

*À **mes parents**, pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices et leurs prières silencieuses, à **ma famille toute entière**, pour leur bienveillance et leur réconfort, à **ma sœur, mon frère, mes amis, et mon soutien le plus tendre**, je vous suis infiniment reconnaissante pour votre présence constante, vos encouragements, votre affection et votre patience. Ce travail est aussi le fruit de votre soutien inestimable.*

Enfin, je remercie toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

Je dédie ce travail à ceux qui occupent une place unique dans mon cœur

*À l'âme de ma chère grand-mère, qui reste présente dans chaque prière, chaque souvenir.
Que Dieu l'accueille en Sa miséricorde infinie.*

À mon grand-père adoré,, celui qui m'a transmis tant de douceur, de valeurs et de souvenirs inoubliables.

À ceux qui sont le socle de mon existence, mes piliers dans les tempêtes, mes repères dans les doutes.

À ma mère, lumière de ma vie, cœur battant de notre foyer. Aucun mot ne saurait exprimer ma gratitude envers ton amour inconditionnel, ta tendresse, ta patience et tous ces instants où tu as cru en moi alors que moi-même, je doutais. Que Dieu te protège et te comble de bonheur comme tu as su le faire pour

À mon père, cet homme de peu de mots mais de grands sacrifices. Merci pour ta force tranquille, ta sagesse, et ton amour discret mais immense. Tu as été pour moi un exemple de droiture et de courage.

*À ma sœur **Feryel** et à mon frère **Abdelkader**, mes complices de toujours, ma force dans les jours sombres.*

*À mes cousins proches : **Ahmed**, **Lakhdar** et **Bachir**, qui ont toujours su être présents avec affection et bienveillance.*

*À mes chères sœurs de cœur : **Khayra**, **Khaldia** et **Malika**. Merci d'avoir été présentes, dans les rires comme dans les larmes.*

*À mes petites cousines **Ahlem** et **Chourouk**, dont l'innocence et la joie sont une source de lumière.*

*À ma nièce **Kamar**, petite étoile qui embellit nos vies.*

*À mes tantes, mes oncles, et tout particulièrement à mon oncle et frère de cœur **Benouada**, pour son affection et ses encouragements sincères.*

*À mes chères amies **Maroua**, **Aya** et **Sabile**, pour leur présence, leur écoute et leurs mots qui apaisent.*

À tous mes collègues de la promotion Production Animale, avec qui j'ai partagé cette belle aventure.

*À mes enseignants, et en particulier Monsieur **BERRANI**, pour son accompagnement précieux.*

À toutes les personnes qui m'aiment, me soutiennent, et qui m'ont tendu la main dans les moments les plus difficiles.

SOMMAIRE

Liste des figures	I
Liste des tableaux	III
Liste des abréviations.....	IV
Résumé (Arabe, Français, Anglais)	V
Introduction	1

PARTIE I

ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I. ELEVAGE ET REPRODUCTION DES BOVINS EN ALGERIE

1. Généralités sur l'élevage des bovins	4
1.1. Répartition géographique de l'élevage des bovins en Algérie	4
1.2. Importance de l'élevage bovin	5
1.3. Évolution du cheptel bovin en Algérie	5
1.4. Races des bovins en Algérie	8
1.4.1. Races locales	8
1.4.2. Races importées	11
1.4.3. Races améliorées ou mixtes	13
2. Reproduction chez les bovins	14
2.1. Importance de la reproduction en élevage bovin	14
2.2. Rappel anatomo-physiologique de l'appareil génital chez les bovins	14
2.3. Détection des chaleurs	16
2.4. Principales biotechnologies de la reproduction	17
2.5. Gestation chez la vache	18
2.6. Vêlage.....	19

CHAPITRE II. ASPECTS HÉMATOLOGIQUES DES BOVINS

1.1. Hématopoïèse	22
1.2. Composition et rôle du sang	22
1.2.1. Leucocytes	23
1.2.2. Thrombocytes	26
1.2.3. Hématies (Les érythrocytes)	26

1.2.3.1. Origine et morphologie	26
1.2.3.2. Rôle et fonctions des hématies	27
1.2.3.3. Anomalies des hématies	29
1.3. Paramètres hématologiques	35
1.3.1. Numération globulaire (NG)	36
1.3.2. Hématocrite (Ht)	36
1.3.3. Taux d'hémoglobine (Hb)	37
1.3.4. Indices de Wintrobe (VGM, CCMH, TGMH)	37
1.3.5. Numération plaquettaire	38
1.3.6. Numération leucocytaire	38

PARTIE II

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Objectif d'étude	41
2. Lieu d'étude	41
2.1. Présentation de la zone d'étude	43
2.2. Caractères climatiques de la zone d'étude	43
3. Période d'étude	43
4. Population étudiée	44
5. Déroulement de la partie expérimentale	44
5.1. Prélèvement sanguin et collecte des données	44
5.2. Analyse hématologique	45
5.2.1. Hémogramme.....	46
5.2.2. Frottis sanguin.....	47
5.3. Étude statistique	49

RÉSULTATS ET DISCUSSION

I. RÉSULTATS	50
1. Résultats de l'hémogramme	52
2. Résultats cytologiques	52
2.1. Anomalies cytologiques de la lignée érythrocytaire chez les cas étudiés	53
2.2. Anomalies cytologiques de la lignée érythrocytaire en fonction de l'âge	55

2.2.1. Prévalence des anomalies des hématies selon l'âge.....	55
2.2.2. Fréquence individuelle de types généraux d'anomalies (seuls ou en association) en fonction de l'âge.....	55
2.2.3. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de forme en fonction de l'âge.....	56
2.2.4. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de taille en fonction de l'âge.....	57
2.2.5. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de coloration en fonction de l'âge.....	58
2.2.6. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies d'inclusions intra-érythrocytaires en fonction de l'âge.....	58
2.3. Anomalies cytologiques de la lignée érythrocytaire en fonction de la parité	59
2.3.1. Prévalence des anomalies des hématies selon la parité.....	59
2.3.2. Fréquence individuelle de types généraux d'anomalies (seuls ou en association) en fonction de la parité.....	59
2.3.3. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de forme en fonction de la parité.....	60
2.3.4. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de taille en fonction de la parité.....	61
2.3.5. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de coloration en fonction de la parité.....	61
2.3.6. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies d'inclusions intra-érythrocytaires en fonction de l'âge.....	62
II. DISCUSSION	63
1. Discussion de l'hémogramme	63
2. Discussion des examens cytologiques sur frottis sanguin	64
2.1. Discussion des examens cytologiques en fonction de l'âge	65
2.2. Discussion des examens cytologiques en fonction de la parité	68
CONCLUSION	71
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	72
ANNEXES.....	83

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Évolution de l’effectif bovin en Algérie de 1963 à 2007	6
Figure 2. La race Guelmoise	9
Figure 3. La race Cheurfa	9
Figure 4. La race Chélifienne	10
Figure 5. La race Sétifienne	11
Figure 6. Granulocyte de bovin adulte (A: Neutrophile, B: Basophile, C: Éosinophile)	24
Figure 7. Monocyte de bovin adulte	25
Figure 8. Grand lymphocyte de bovin adulte	25
Figure 9. Hématies observées sur un frottis sanguin de bovin	27
Figure 10. Anomalies de taille chez le bovin	29
Figure 11. Anomalies de forme chez le bovin	32
Figure 12. Anomalies de coloration	33
Figure 13. Corps de Howell Jolly	34
Figure 14. Localisation de la ferme expérimentale de l’université de Tiaret	42
Figure 15. Localisation de la ferme privée à Sebaine	42
Figure 16. Localisation de la ferme Douma	42
Figure 17. Prélèvement sanguin	45
Figure 18. Collecte des échantillons	45
Figure 19. Identification des tubes de prélèvements	46
Figure 20. Automates d’hématologie Mythic 18-Orphée	46
Figure 21. Préparation des frottis sanguins	47
Figure 22. Colorant May-Grunwald	48
Figure 23. Étapes de coloration des frottis	49

Figure 24. Fréquence individuelle de type d'anomalies (seuls ou en association) en fonction de l'âge	56
Figure 25. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de forme en fonction de l'âge	56
Figure 26. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de taille en fonction de l'âge	57
Figure 27. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de coloration en fonction de l'âge	58
Figure 28. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies d'inclusions intra-érythrocytaires en fonction de l'âge	58
Figure 29. Fréquence individuelle de types généraux d'anomalies (seuls ou en association) en fonction de la parité	59
Figure 30. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de forme en fonction de la parité	60
Figure 31. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de taille en fonction de la parité.	61
Figure 32. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de coloration en fonction de la parité	61
Figure 33. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies d'inclusions intra-érythrocytaires en fonction de la parité	62

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Répartition géographique des bovins en Algérie	4
Tableau 2. Évolution du cheptel bovin en Algérie entre 2006 et 2017	6
Tableau 3. Évolution du cheptel bovin en Algérie entre 2016-2021	7
Tableau 4. Évolution d'effectif des ruminants dans la région de Tiaret	7
Tableau 5. Valeurs de référence des paramètres sanguins chez le bovin	36
Tableau 6. Volumes sanguins chez les deux classes d'âges des bovins	40
Tableau 7. Présentation globale de l'effectif des vaches étudiées	44
Tableau 8. Résultat de l'hémogramme (la lignée érythrocytaire) des cas étudiés	52
Tableau 9. Répartition des cas étudiés selon la présence ou l'absence d'anomalies érythrocytaires	53
Tableau 10. Associations spécifiques retrouvées de types généraux d'anomalies	53
Tableau 11. Fréquence individuelle de types généraux d'anomalies	54
Tableau 12. Répartition des anomalies érythrocytaires selon l'âge	55
Tableau 13. Répartition des anomalies érythrocytaires selon la parité	59

LISTE DES ABREVIATIONS

BL	Bovin Local
BLA	Bovin Laitier Amélioré
BLM	Bovin Laitier Moderne
CCMH	Concentration Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine
DSA	Direction des Services Agricoles
EDTA	Éthylène diamine tétraacétate
EPO	Érythropoïétine
Fe ²⁺	Ion fer(II)
FFPN	Frisonne Pie-Noir française
FSH	Hormone de stimulation folliculaire
GNB	Granulocyte neutrophile basophile
GNE	Granulocyte neutrophile éosinophile
GNN	Granulocyte neutrophile
GnRH	Gonadotropin-releasing hormone
GR	Globule rouge
Hb	Hémoglobine
HbA	Hémoglobine A
HbB	Hémoglobine, sous-unité bêta
HbFs	Hémoglobine F
HCO ₃ ⁻	Hydrogénocarbonate
Ht	Hématocrite
IA	Insémination artificielle
INRA	Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
LH	Hormone lutéinisante
MADR	Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
MGG	May-Grunwald Giemsa
NFS	Numération de la Formule Sanguine
NG	Numération globulaire
PAG	Progestérone, protéines associées à la gestation, œstrogènes
PDSI	Palmer Drought Severity Index
pg	Picogrammes
PGF2 α	Prostaglandine F2 α
PNE	Polynucléaires éosinophiles
TCMH	Concentration Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine
VGM	Volume Globulaire Moyen

Résumé

Notre étude a été réalisée entre janvier 2025 et mai 2025 dans trois sites d'élevage bovin situés dans la wilaya de Tiaret, à savoir : la ferme expérimentale de l'Université Ibn Khaldoun, la ferme Douma, et une troisième exploitation localisée dans la commune de Sebaine. L'objectif principal de ce travail est d'évaluer l'influence de l'âge et de la parité sur la prévalence des anomalies morphologiques des hématies chez les bovins. Un total de 43 échantillons sanguins ont été prélevés, puis analysés dans un laboratoire privé spécialisé en hématologie situé à Tiaret.

Cette étude a révélé une prévalence globale des anomalies morphologiques des hématies de 74,42 % (32 cas sur 43), avec une prédominance des anomalies de forme (43.75 %) et de taille (40.62 %). Les anomalies de forme les plus fréquentes ont été les acanthocytes et les dacryocytes . Quant à l'anisocytose, elle est survenue plus particulièrement chez les jeunes (≤ 3 ans) et les multipares (30 %) de l'échantillon. Les anomalies de coloration et les inclusions intra-érythrocytaires se sont révélées plutôt exceptionnelles (3,13 %). La parité a eu une influence significative sur leur fréquence, avec une prédominance des anomalies de forme chez les nullipares (88,89%) Contre (55%) chez les multipares.

Ces résultats mettent donc en valeur l'impact de l'âge et de la parité sur le profil érythrocytaire des bovins et soulignent l'intérêt d'un suivi hématologique afin d'optimiser leur santé et leur production.

Mots clés : Bovin, Hématies, Anomalies, Âge, Parité.

Abstract

Our study was conducted between January 2025 and May 2025 at three cattle farming sites located in the Tiaret province, namely: the experimental farm of Ibn Khaldoun University, the Douma farm, and a third farm located in the municipality of Sebaine. The main objective of this work is to evaluate the influence of age and parity on the prevalence of morphological abnormalities of erythrocytes in cattle. A total of 43 blood samples were collected and analyzed at a private hematology laboratory in Tiaret.

This study revealed an overall prevalence of morphological abnormalities of red blood cells of 74.42% (32 cases out of 43), with a predominance of shape abnormalities (43.75%) and size abnormalities (40.62%). The most frequent shape abnormalities were acanthocytes and dacryocytes. As for anisocytosis, it occurred more particularly in young individuals (≤ 3 years) and multiparous women (30%) in the sample. Coloration anomalies and intra-erythrocytic inclusions were rather exceptional (3.13%). Parity had a significant influence on their frequency, with a predominance of shape anomalies in nulliparous cows (88.89%) compared to (55%) in multiparous cows.

These results therefore highlight the impact of age and parity on the erythrocyte profile of cattle and emphasize the importance of hematological monitoring to optimize their health and production.

Keywords: Cattle, Erythrocytes, abnormalities, Age ,Parity.

ملخص

أُجريت دراستنا بين شهري جانفي وماي 2025 في ثلاث مزارع لتربية الأبقار تقع في ولاية تيارت، وهي: المزرعة التجريبية التابعة لجامعة ابن خلدون، ومزرعة دوما، ومزرعة ثالثة تقع في بلدية السبعين. الهدف الرئيسي من هذا العمل هو تقييم تأثير العمر وعدد الولادات على انتشار التشوهات في خلايا الدم الحمراء لدى الأبقار. تم جمع 43 عينة دم، ثم تحليلها في مختبر خاص متخصص في أمراض الدم بمدينة تيارت.

أظهرت التحاليل انتشارًا عامًا للتشوهات الخلوية في كريات الدم الحمراء بنسبة 74.42% (32 حالة من مجموع 43) وكانت التشوهات الشكلية أكثر شيوعًا (43.75%) مقارنة بأخرى تتعلق بحجم الخلايا (40.62%). والخلايا الدمعية أكثر هذه التشوهات انتشارًا ضمن التغيرات الشكلية. بالإضافة إلى ذلك، كان التغير في حجم الخلايا أكثر وضوحًا لدى الحيوانات الصغيرة (≤ 3 سنوات) والأبقار متعددة الولادة (30%) في مقابل ذلك، كان التغير في التلوين وفي التضمنات الخلوية نادرًا (3.13%). كان لعدد الولادات تأثير مباشر على نسبة هذه التشوهات، حيث سُجلت أعلى نسبة للتشوهات الشكلية لدى أبقار لم يسبق لها أن ولدت إطلاقًا (88.89%) مقارنة بأبقار ولدت أكثر من مرة (55%).

تؤكد هذه النتائج تأثير العمر وعدد الولادات على الخصائص الخلوية لكريات الدم الحمراء وتبين أهمية مراقبة هذه التغيرات ضمن سياق صحة القطيع وتخطيط إنتاجه.

الكلمات المفتاحية: الأبقار، الكريات الحمراء، التشوهات، العمر، عدد الولادات.

PARTIE I
Étude
Bibliographique

INTRODUCTION

La filière bovine constitue une composante stratégique de l'économie agricole en Algérie, contribuant substantiellement à la production laitière et à l'approvisionnement en viande rouge. Pour optimiser les performances zootechniques des bovins, une surveillance rigoureuse de leur état de santé est primordiale, en particulier par le biais d'analyses hématologiques, qui offrent un reflet fidèle du statut physiologique et pathologique de l'animal (Bezerra *et al.*, 2020 ; Golbeck *et al.*, 2019).

Dans cette optique, les paramètres hématologiques constituent des marqueurs fiables de l'état physiologique et pathologique chez l'humain et l'animal (Adeneye *et al.*, 2006). Leur analyse permet de détecter précocement les perturbations de l'homéostasie, d'évaluer les risques pathologiques, de poser ou d'exclure un diagnostic, ainsi que de suivre l'évolution d'une affection et la réponse au traitement (Spahić *et al.*, 2020; Katica et Gradašćević, 2017; Katica et Delibegović, 2019).

Parmi ces paramètres, ceux liés à la lignée érythrocytaire occupent une place centrale. En effet, dans le cadre de l'hémogramme, les globules rouges (ou érythrocytes) ont une importance primordiale dans la circulation de l'oxygène et du dioxyde de carbone. Diverses conditions physiologiques (comme la croissance, la gestation et la lactation) ou pathologiques (telles que les carences, les infections et les intoxications) peuvent altérer leur morphologie, leur taille, leur couleur et leur nombre (Coles, 1986; Mohri *et al.*, 2007). L'analyse des irrégularités morphologiques des globules rouges comme l'anisocytose, la poïkilocytose, les inclusions à l'intérieur des globules rouges, et la fluctuation des paramètres liés à la lignée rouge (quantité, VGM, TCMH, CCMH), s'avère donc une ressource diagnostique importante en médecine vétérinaire.

Dans cette perspective, il est pertinent de considérer certains facteurs physiologiques susceptibles d'influencer ces paramètres. Pour les bovins, l'âge et la parité sont deux éléments physiologiques qui pourraient affecter ces aspects hématologiques. La maturité du système hématopoïétique est influencée par l'âge, tandis que la parité témoigne de l'expérience reproductive et des ajustements métaboliques successifs que l'animal a subis (Piccione *et al.*, 2010; Roland *et al.*, 2014).

Cependant, la relation entre ces deux éléments et la fréquence des anomalies des hématies dans les conditions d'élevage en Algérie a été peu étudiée.

Ce constat souligne un vide dans la littérature scientifique nationale. En effet, malgré l'importance des variations hématologiques dans la surveillance sanitaire des bovins, les données sur l'impact combiné de l'âge et de la parité sur les anomalies morphologiques des hématies et les paramètres de la lignée rouge restent limitées, notamment dans le contexte local de la région de Tiaret. Ce manque de connaissances peut entraver l'identification des animaux à risque et limiter la mise en place de stratégies de gestion optimisées.

Dans ce contexte, ce travail vise à analyser la variation des anomalies morphologiques des hématies ainsi que des paramètres de la lignée rouge (nombre de globules rouges, VGM, TCMH, CCMH, etc.) en fonction de l'âge et de la parité chez les bovins dans la région de Tiaret.

Nous nous sommes fixés les objectifs suivants :

- ✓ Déterminer la prévalence des anomalies des hématies chez les bovins dans la région de Tiaret.
- ✓ Évaluer l'influence de l'âge et de la parité sur l'état hématologique et, par conséquent, sur la santé globale du cheptel.
- ✓ Établir une corrélation entre les facteurs individuels (âge, parité) et les altérations hématologiques chez les bovins étudiés.
- ✓ Proposer des recommandations pour améliorer la santé des bovins en fonction des résultats obtenus.

CHAPITRE I
ÉLEVAGE ET
REPRODUCTION DES
BOVINS EN ALGERIE

CHAPITRE I. ELEVAGE ET REPRODUCTION DES BOVINS EN ALGERIE

1. Généralités sur l'élevage des bovins

L'élevage englobe toutes les actions qui favorisent la reproduction et l'existence des animaux pour satisfaire les exigences de l'homme. Les éleveurs ont diverses responsabilités envers leurs animaux, telles que leur offrir un abri, leur prodiguer des soins et répondre à leurs besoins en termes de bien-être (INRA, 2013).

La naissance de l'élevage est contemporaine d'un tournant important de l'histoire des hommes; le passage du statut de chasseur-cueilleur à celui d'agriculteur-éleveur. Cette période, que nous appelons aujourd'hui « la révolution néolithique », s'est étalée sur des millénaires (de 14 000 avant J.-C à 7000 avant J.-C) (INRA, 2013).

1.1. Répartition géographique de l'élevage des bovins en Algérie

Le cheptel bovin est localisé dans le Tell et les hautes plaines d'Algérie. Selon Benhizia (2016), près de 80 % des bovins sont répartis au nord du pays (Senoussi *et al.*, 2010) en fonction de l'altitude. Il prédomine jusqu'à 1500 mètres dans les vallées et les plaines. Les bovins sont migrés vers les zones de basse altitude à la fonte des neiges (Nedjraoui, 2001).

Ce cheptel du Nord du pays est réparti comme suit, 59 % à l'Est (Senoussi *et al.*, 2010) à cause de la plus grande disponibilité des prairies, due à une meilleure pluviométrie (Amellal, 1995), 14 % à l'Ouest et 22 % au centre (Senoussi *et al.*, 2010).

Tableau 1. Répartition géographique des bovins en Algérie (MADR, 2018)

Région	Effectif, (têtes)	Pourcentage (%)
Centre	54034	3
Ouest	496116	26
Est	1190945	63
Sud	154031	8
Total	1895126	100

D'après les données fournies par le ministère de l'agriculture en 2018, la majorité de l'élevage bovin en Algérie, soit 92% de l'effectif global, se situe dans la région nord du pays. Il domine à l'Est avec 63%, est suivi par l'Ouest avec 26%, puis vient le Sud et le centre avec

respectivement 8% et 3%. Cette concentration est essentiellement causée par la distribution des surfaces de pâturage à l'échelle nationale.

1.2. Importance de l'élevage bovin

L'agriculture est généralement associée à l'élevage et à la foresterie. Ce sont les systèmes agricoles et d'élevage traditionnels que nous observons dans différentes zones de la côte méditerranéenne (Fayard, 2023).

En Algérie, les éleveurs ont tendance à privilégier l'élevage de petits ruminants par rapport à celui des bovins. Cela est dû au fait que l'élevage des bovins représente un investissement conséquent qui peut facilement être perdu suite à des incidents tels que la maladie, le vol ou même des pertes financières liées à du lait non vendu, étant donné sa nature périssable s'il n'est pas traité ou conservé correctement (Bouazghi, 2018). Cependant, dans le domaine de l'agriculture, il est vu comme l'élevage le plus significatif (MADR, 2009), avec une valeur ajoutée agricole de 50% (MADR, 2007).

Auparavant, les bovins étaient exploités principalement pour la traction des animaux et, dans une moindre mesure, pour la viande (Abdeldjalil, 2005) et l'utilisation du fumier pour améliorer la productivité agricole (Ganry, 2010). À l'heure actuelle, l'élevage occupe une position stratégique dans l'économie agricole algérienne. Il contribue de manière significative à la satisfaction des besoins nationaux en protéines animales, essentielles pour la sécurité alimentaire. Par ailleurs, ce secteur constitue un levier important pour le développement socio-économique des zones rurales, en générant de nombreuses opportunités d'emploi et en participant à la stabilisation des communautés rurales (Mouffek, 2007).

1.3. Évolution du cheptel bovin en Algérie

Bien que l'élevage bovin ne représente que 6% de la population animale totale du pays, il occupe une place prépondérante tant sur le plan économique que social dans la société algérienne. Selon plusieurs auteurs tels que Kharzat (2006), Mouffek (2007) et Souki (2009), la faible croissance du cheptel bovin en Algérie est attribuée à divers facteurs, notamment l'environnement, les conditions d'élevage et la politique gouvernementale depuis l'indépendance. D'après le MADR (2018), le nombre de bovins a connu une progression graduelle, passant de 1.607.890 têtes en 2006 à 2.171.633 têtes en 2017.

ELEVAGE ET REPRODUCTION DES BOVINS EN ALGÉRIE

Tableau 2. Évolution du cheptel bovin en Algérie entre 2006 et 2017 (MADR, 2018)

Année	Effectif total	Effectif vaches laitière	Part des vaches laitières/effectif (%)
2006	1607890	847640	52,71%
2007	1633810	859970	52,63%
2008	1440730	853523	59,24%
2009	1682433	882282	52,44%
2010	1747700	915400	52,37%
2011	1790140	940690	52,54%
2012	1843930	966097	52,39%
2013	1909455	1008575	52,82%
2014	2049652	1051052	51,27%
2015	2107000	1107000	52,53%
2016	2100000	1000000	47,61%
2017	2171633	971633	44,74%

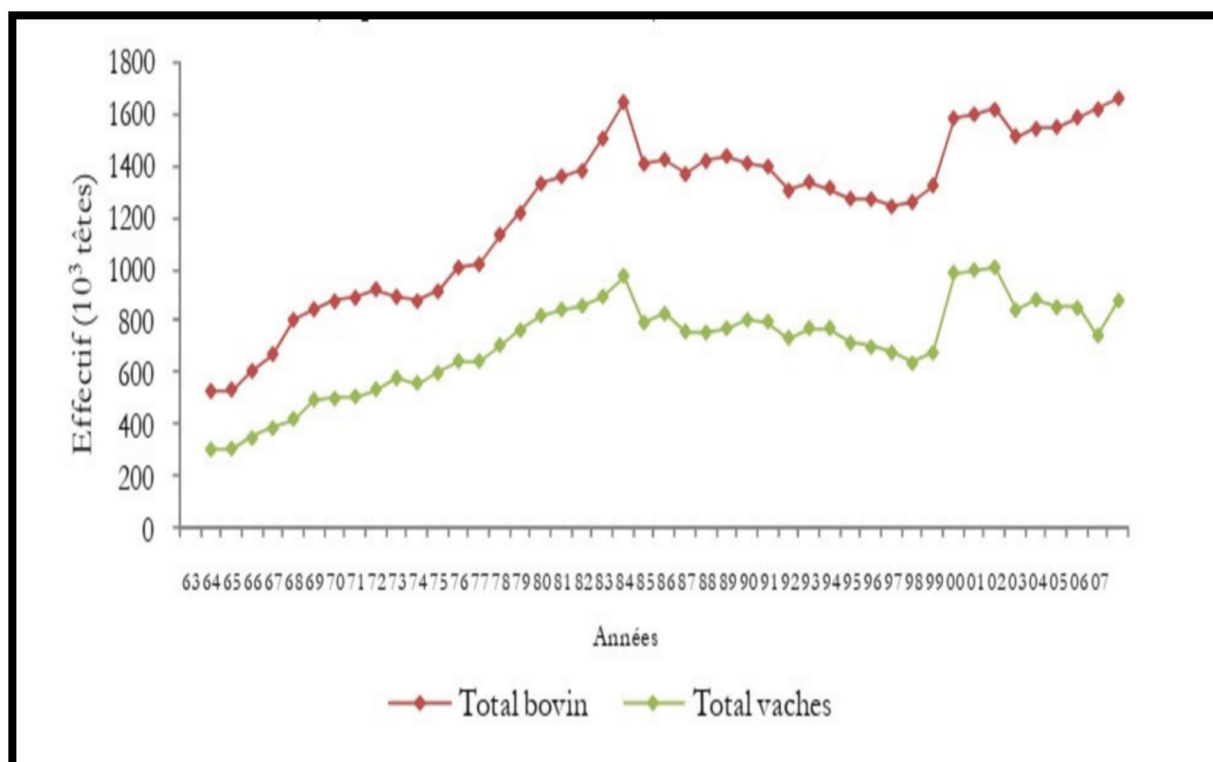


Figure 1. Évolution de l'effectif bovin en Algérie de 1963 à 2007 (MADR, 2009)

Tableau 3. Évolution du cheptel bovin en Algérie entre 2016-2021 (MADR, 2021)

	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Vache laitière (tête)	1 066 625	971 663	942 828	927 479	908 412	908 001
Génisses (tête)	253 236	225 660	218 963	209 639	200 931	199 679
Taureaux (tête)	82 539	75 720	69 712	71 139	70 955	75 091
Tourillon (tête)	195 312	182 134	170 261	165 418	158 552	153 374
Veaux (tête)	231 594	213 692	200 011	195 788	189 558	189 475
Velles (tête)	252 000	226 257	214 505	211 128	211 775	207 344
Total bovins (tête)	2 081 306	1 895 126	1 816 280	1 780 591	1 740 183	1 732 964

1.3.1. Évolution d'élevage des bovins dans la région de Tiaret

Selon les données enregistrées par la DSA de la wilaya de Tiaret, l'effectif des ruminants est évolué entre l'année 2019- 2021 comme suit

Tableau 4. Évolution d'effectif des ruminants dans la région de Tiaret (DSA ,2021)

Espèces		2019	2020	2021 (2 ^{ème} trimestres)
Ovins (tête)	Total	2398229	2411441	2537000
	Brebis	1960416	1804736	1760204
BOVINS (tête)	Total	44129	40787	37460
	Vaches	25973	24140	22167
CAPRINS (tête)	total	172475	143523	145315
	chèvres	104954	95550	96600
Cheptel total		2614833	2595751	2719775

1.4. Races des bovins en Algérie

Au début des années soixante, les bovins en Algérie étaient classés en trois types : populations autochtones dénommées bovins locaux (BL), races importées dénommées bovins laitiers modernes (BLM) et les produits de croisements dits bovins locaux améliorés (BLA) (Feliachi, 2003).

Dans la majeure partie du pays, les élevages de bovins se trouvent principalement dans la zone nord, notamment dans le Tell et les plaines élevées. Selon le MADR de 2018, on dénombre un total de 2 171 633 bovins en 2017. Environ 78% du cheptel total est constitué par la population locale, dont deux tiers se situent au Nord-Est. Quant à la portion du cheptel importé et des produits issus de croisements entre races bovines locales et importées, elle est estimée à approximativement 22%. On distingue six sous-groupes au sein des populations bovines locales : la guelmoise, la cheurfa, la setifienne, la chelifienne, la Djerba et la kabyle, sans oublier la chouia. Trois races constituent principalement le cheptel bovin.

1.4.1. Races locales

Selon Bencherif (2001), les races locales ne représentent que 20% de la production nationale du cheptel. Effectivement, ces animaux affichent une production très limitée, avec un rendement laitier de 3 à 4 litres quotidien pendant six mois, ce qui correspond en moyenne à 595 kg par cycle de lactation (Yakhlef *et al.*, 2002). Il est principalement axé sur la production de viande ; le lait est principalement utilisé pour nourrir les jeunes animaux (auto-consommation) (Kali *et al.*, 2011).

Cependant, ces animaux sont caractérisés par des aptitudes exceptionnelles d'adaptation aux milieux difficiles (chaleur, froid, sécheresse, etc...) (Denna, 2021). On le trouve dans les régions montagneuses ainsi qu'au nord de l'Algérie. En comparaison avec les races importées, l'effectif global compte à peu près 1 404 000 individus, comprenant 764 000 femelles reproductrices et 19 000 mâles capables de se reproduire (Soukehal, 2013).

Selon Nadjraoui (2001), le bovin autochtone serait classé dans un unique groupe appelé Brune de l'Atlas, qui se divise en quatre races distinctes (Ministère de l'Agriculture, 1992 cité par Nadjraoui, 2001).

1.4.1.1. Race guelmoise

Cette race a un pelage gris foncé, vivant dans les zones forestières, elle a été identifiée dans les régions de Guelma et même Jijel, cette population compose la majorité de l'effectif. (Abdelguerfi, 2003; Féliachi, 2003)



Figure 2. La race Guelmoise (Rahal *et al*, 2017)

1.4.1.2. Race Cheurfa

La Cheurfa à un pelage gris clair presque blanchâtre, vit en bordure des forêts et se rencontre dans les régions de Jijel et Guelma. (Abdelguerfi, 2003; Feliachi, 2003).



Figure 3. La race Cheurfa (Feliachi, 2003)

1.4.1.3. Race Chélifienne

Cette race caractérisée par une robe fauve, une tête courte, des cornes en crochets, des orbites saillantes entourées de lunettes marron foncé et une longue queue noire qui touche le sol, on la rencontre dans les monts du Dahra. (Abdelguerfi,2003; Feliachi,2003)



Figure 4. La race Chélifienne (Feliachi, 2003).

1.4.1.4. Race Sétifienne

Cette race présente une bonne conformation, la robe est noirâtre uniforme, la queue est de couleur noire, longue et traîne parfois sur le sol, la ligne marron du dos caractérise cette population ; cette race est localisée dans les monts du Bâbord. Le poids des femelles conduites en semi-extensif dans les hautes plaines céréalières avoisine celui des femelles importées, la production laitière pour sa part peut atteindre 1500Kg par an. (Abdelguerfi, 2003 ; Feliachi, 2003)



Figure 5. La race Sétifienne (CN angr, 2003)

1.4.1.5. Autres races locales en Algérie

La race Kabyle et la race Chaouia dérivent respectivement des races Guelmoise et Cheurfa, à la suite des mutations successives de l'élevage bovin (Ali et Rebia, 2008).

Par ailleurs, la race bovine Djerba constitue une sous-population locale du cheptel bovin algérien, principalement présente dans la région de Biskra, au sud-est du pays. Elle est issue de la race Brune de l'Atlas, une race autochtone largement répandue en Afrique du Nord (Ali et Rebia, 2008).

1.4.2. Races importées

L'introduction progressive de races laitières en provenance des pays européens, initiée par la colonisation du pays (Eddebbbarh, 1989 cité par Hadjab, 2015), a commencé avec des races comme la Frisonne Pie-Noir française (FFPN) et la Holstein, ainsi que des races mixtes telles que la Montbéliarde et la Brune des Alpes. Cette circonstance a facilité la création de réservoirs génétiques à partir de populations continuellement importées (CN angr, 2003).

Cette importation vise initialement à améliorer la production de lait, cependant, compte tenu des capacités de production laitière modérées des races laitières importées, cette population s'applique à l'élevage intensif (Bouzebda, 2007). Situé dans les régions généralement riches en potentiel d'irrigation autour des centres urbains (Kali *et al.*, 2011), il

contribue à près de 20% de la production bovine du pays et constitue 15% de l'effectif bovin (Bouzebda, 2007).

Selon plusieurs auteurs, tels que Benhizia (2016), Hadjab (2015) et Bouzebda (2007), les races bovines importées en Algérie sont principalement représentées par la Holstein, la Montbéliarde et la Tarentaise. D'autres races, moins présentes, telles que la Jersiaise, la Charolaise et la Fleckvieh, sont également signalées.

1.4.2.1. Race Holstein

La race Holstein n'est que le fruit de l'amélioration génétique de la production laitière de la race mère la Frisonne pie noire hollandaise; cette dernière est exportée dans l'ensemble des pays d'Europe et a pris une appellation différente selon les pays où elle s'est établie. Cette race est caractérisée par une grande taille, un squelette plutôt fin, des cornes courtes et une robe le plus souvent pie, une très bonne aptitude laitière, ainsi qu'une bonne aptitude à l'engraissement. Les résultats extraordinaires de la production laitière de la race Holstein ont fait qu'elle soit convoitée et utilisée comme la première race amélioratrice de la production laitière dans le monde (Bouzebda, 2007).

En raison de ce processus, l'ensemble des races frisonnes a été imprégné de sang Holstein à divers niveaux. C'est cette influence qui a conduit la France, en 1990, à créer une nouvelle dénomination pour ses bovins de type Frison, connue sous le nom de Prim'Holstein (Bouzebda, 2007; Benhizia, 2016).

Il convient de noter que la race Holstein montre moins souvent une pelage Pie Rouge associé à un gène récessif qui code pour la couleur rouge (Holstein rouge) (Benhizia, 2016).

1.4.2.2. Race Montbéliarde

La race Montbéliarde appartient au rameau jurassique (origine *Bos frontosus*) d'où dérive le groupe de race Pie Rouge, située actuellement en seconde position parmi les races importées, la race Montbéliarde est appelée communément « race Pie Rouge », ce qui prête à confusion avec toutes les autres races Pie Rouges qui existent dans le monde (Bouzebda, 2007).

Elle appartient ainsi à la famille des races Simmental et Fleckvieh, et est, de ce fait, membre de la Fédération Européenne Pie Rouge. Elle se caractérise par une robe pie rouge aux taches bien délimitées, une tête blanche, des oreilles rouges, ainsi que des extrémités (ventre, membres, queue) également rouges. Elle présente des muqueuses claires et des cornes courtes. De grande taille, cette vache produit un lait riche en matière grasse, ce qui en fait la principale race utilisée pour la fabrication de fromages. Elle est également considérée comme la meilleure laitière du rameau Pie Rouge des montagnes (Bouzebda, 2007; Hadjab, 2015).

1.4.2.3. Race Tarentaise

La tarentaise, ou Tarine, est une race bovine française. Elle est aussi élevée en Italie dans le Val d'Aoste sous le nom de Savoiarda. Cette vache, importée avant et après l'indépendance, est reconnue pour sa capacité à produire du lait, de la viande et sa qualité de rusticité et d'adaptabilité aux conditions environnementales difficiles. Effectivement, elle continue d'exister dans certaines parties de l'est ; ce qui lui a valu, depuis longtemps, le nom de race arabe (Bouzebda, 2007).

Chez les deux sexes, la robe présente une couleur brune fauve uniforme. Le museau, les lunettes et les muqueuses sont de couleur noire. Les cornes, qui ont la forme d'une lyre, sont de couleur blanche avec une pointe noire. Les sabots sont aussi de couleur noire, robustes et conçus pour la randonnée en montagne sur un terrain solide, tandis que le lait de bonne qualité est employé dans la production de fromage (Bouzebda, 2007).

1.4.2.4. Autres races

Avant l'indépendance, diverses races ont été introduites sur le territoire national, que ce soit à travers des importations dispersées par les colons ou dans un objectif d'expérimentation. Nous prendrons comme exemples la Jerseyaise, la Charolaise et la Fleckvieh (Bouzebda, 2007).

1.4.3. Races améliorées ou mixtes

Ce troupeau, communément appelé bovin local amélioré (BLA), regroupe divers types de bétail issus de croisements entre la race locale Brune de l'Atlas (et ses variantes) d'une part, et plusieurs races européennes importées d'autre part, telles que la Pie Rouge, la Tarentaise, la Brune des Alpes et la Frisonne Pie Noire (Yakhelef, 1989 cité par Hadjab, 2015).

Il s'agit d'un élevage extensif, pratiqué principalement dans des exploitations de taille modeste, comptant généralement entre 1 et 6 vaches (Kali *et al.*, 2011). Ce type d'élevage est localisé dans les zones montagneuses et forestières. En 2012, le BLA représentait environ 38 % de la main-d'œuvre agricole au niveau national (Makhlouf, 2015).

2. Reproduction chez les bovins

La reproduction chez les bovins constitue un facteur clé de la rentabilité des élevages, influençant directement la production laitière et la croissance des cheptels. Elle repose sur des mécanismes biologiques complexes, étroitement liés à la gestion zootechnique, nutritionnelle et sanitaire. Une bonne maîtrise de la reproduction permet d'améliorer la productivité, d'optimiser les intervalles entre les vêlages et de garantir la durabilité des systèmes d'élevage (Diskin et Kenny, 2014; Roche *et al.*, 2011).

L'appareil génital de la vache subit des modifications, histologiques, anatomiques pendant une période physiologique qui est le cycle sexuel ou œstral qui dure en moyenne de 21 jours (variable 16 à 24 jours). Commencent au moment de la puberté, se poursuivant tout le long de la vie génital et ne sont interrompues que par la gestation (Dahmani et Rahmani, 2024).

2.1. Importance de la reproduction en élevage bovin

La gestion de la reproduction désigne l'ensemble des actions ou décisions zootechniques considérées essentielles pour atteindre une fertilité et une fécondité optimales (Badinand *et al.*, 2000).

La reproduction est essentielle pour la majorité des productions animales, qu'il s'agisse de déclencher une lactation ou de donner naissance à un jeune. L'amélioration des résultats de reproduction est donc un facteur déterminant pour la rentabilité économique de l'élevage, et elle figure parmi les objectifs communs à presque toutes les formes de production (Bensalem et Benhaddou, 2015).

2.2. Rappel anatomo-physiologique de l'appareil génital chez les bovins

2.2.1. Anatomie et fonction de l'appareil reproducteur de la vache

Contrairement à l'appareil génital mâle, dont la fonction principale est la production de spermatozoïdes, l'appareil génital femelle remplit trois rôles fondamentaux :

- ✓ La production d'ovules

- ✓ La gestation
- ✓ La parturition, suivie de la lactation.

L'ensemble de ces fonctions est assuré par le tractus génital, qui constitue la portion tubulaire de l'appareil reproducteur de la femelle. Ce tractus comprend, de l'extérieur vers l'intérieur :

- ❖ La vulve
- ❖ Le vagin
- ❖ L'utérus, subdivisé en col utérin, corps et cornes
- ❖ Les oviductes (ou trompes utérines), composés de l'isthme, de l'ampoule et du pavillon.

Ces structures travaillent de manière coordonnée pour assurer le bon déroulement de la reproduction (Hemidi et Harrats, 2019).

2.2.2. Hormonologie du cycle sexuels chez la vache

Le cycle œstral est contrôlé par des hormones produites par l'hypothalamus (GnRH), l'antéhypophyse (FSH et LH), l'ovaire (œstradiol et progestérone) ainsi que l'utérus (PGF2 α). Ces hormones fonctionnent comme des intermédiaires chimiques qui parcourent le sang jusqu'à atteindre des tissus spécifiques dotés de récepteurs hormonaux, contrôlant de cette façon les diverses étapes du cycle œstral (Okouyi *et al.*, 2014).

2.2.2.a. Cycle œstral

Les vaches ont généralement un cycle œstral de 21 jours, tandis que les génisses présentent une durée moyenne de 20 jours. Ce processus se divise en quatre phases, dont deux sont associées à la phase folliculaire (proœstrus et œstrus), caractérisées par la croissance des follicules qui conduit à l'ovulation. Les deux autres phases sont liées à la phase lutéale (met-œstrus et di-œstrus), pendant laquelle le follicule ovulatoire se transforme en corps jaune (Yahimi, 2016).

Selon Leborgne *et al.* (2013), la phase folliculaire dure habituellement 4 jours, alors que la phase lutéale s'étale sur environ 17 jours.

2.3. Détection des chaleurs

La période de chaleur, également appelée oestrus, désigne un comportement spécifique d'une femelle qui lui permet d'accepter l'accouplement avec un mâle et de se faire féconder (Lacerte, 2003).

Afin de déterminer le meilleur moment pour l'insémination, il est essentiel de bien comprendre les signes de chaleur, notamment les trois phases principales du cycle : la pré-chaleur qui correspond au pro-oestrus, la véritable chaleur qui coïncide avec l'œstrus, et la post-chaleur qui se manifeste durant le métoestrus. La détection des chaleurs, première étape de la gestion de la reproduction, influence les paramètres de fertilité et de fécondité dans un élevage bovin. C'est également le principal élément qui cause les variations dans les résultats reproductifs. Il est évident que la détection des chaleurs influence le succès et la rentabilité de tout programme d'insémination artificielle (Hanzen, 2000).

Selon Abdelmadjid (2016), Il existe des techniques utilisant des traitements hormonaux permettant la maîtrise et la synchronisation des chaleurs. C'est donc de cette manière que l'éleveur peut

- Induire et/ou synchroniser les ovulations.
- Choisir le jour et le moment pour l'insémination, et par conséquent, la période propice au vêlage.
- Contrôler les intervalles entre les vêlages.
- Augmenter la production de lait par femelle et par année. - Restreindre le nombre de réformes liées aux infertilités.

Selon Grimard *et al.* (2003), il existe trois procédés de thérapies hormonales qui favorisent la synchronisation des chaleurs chez les bovins :

- Les traitements à base de prostaglandine PGF2 ou de ses analogues.
- Les traitements associant GnRH et PGF2 a.
- Les traitements à base de progestagènes (dispositif libérant de la progestérone ou du Norgestomet).

2.4. Principales biotechnologies de la reproduction

2.4.1. Insémination artificielle

L'insémination artificielle (IA) est la technique de reproduction biotechnologique la plus répandue à travers le monde. Elle implique l'utilisation d'un outil spécifique pour introduire, au moment le plus propice, le sperme du mâle dans la partie la plus appropriée des voies reproductrices femelles sans recourir à un acte sexuel (Hanzen, 2005).

D'après Jussiau *et al.* (2014), l'insémination artificielle est reconnue comme la première génération de biotechnologies animales et elle demeure un outil essentiel pour l'avancement génétique.

2.4.2. Transfert d'embryon

Le transfert d'embryon chez les bovins représente la deuxième génération de biotechnologies de la reproduction, faisant suite à l'insémination artificielle (Azzedine *et al.*, 2019).

Cette méthode implique l'injection d'hormones aux vaches donneuses pour induire une ovulation multiple, plutôt qu'une ovulation unique naturelle. Les ovocytes qui ont été libérés sont par la suite fécondés grâce à une insémination artificielle standard, et les zygotes sont laissés à se développer en embryons, migrent ensuite à travers l'oviducte vers l'utérus. Les embryons se situent dans les cornes utérines au septième jour après l'insémination et peuvent être récupérés en effectuant un lavage de l'utérus. Initialement, toutes les procédures de prélèvement et de transfert d'embryons se faisaient par intervention chirurgicale. Cependant, vers la fin des années 1970, on a développé des méthodes non chirurgicales pour la collecte et le transfert d'embryons, qui sont ainsi devenues des procédures courantes (Van Wagtendonk-de Leeuw, 2006).

2.4.3. Fécondation in vitro

La fécondation in vitro peut se réaliser sur des ovocytes récoltés post-mortem sur des ovaires, notamment des ovaires issus d'abattoirs ; ou sur des ovocytes récoltés in vivo par Ovum Pick-Up ou par laparoscopie (Moussa Garba, 2016).

2.5. Gestation chez la vache

2.5.1. Phases de gestation

Selon Mekroud et Benhizia (2016), la gestation chez la vache dure en moyenne 280 jours (soit environ 9 mois), mais cette durée peut légèrement varier selon la race, le sexe du fœtus et le nombre de veaux portés. La gestation est classiquement divisée en trois phases correspondant aux trimestres de développement embryonnaire et fœtal :

Le premier tiers (0 à 90 jours) : il correspond à la période embryonnaire. C'est la phase la plus critique, marquée par la nidation, le développement des membranes fœtales et la formation des organes (organogenèse). C'est également durant cette période que le risque de mort embryonnaire précoce est le plus élevé (Boukhari et Touil, 2019).

Le deuxième tiers (90 à 180 jours) : la croissance du fœtus s'accélère, et ses organes continuent à se différencier. C'est aussi à ce moment qu'on observe la mise en place du placenta fonctionnel, qui assure les échanges entre la mère et le fœtus (Boukhari et Touil, 2019).

Le dernier tiers (180 à 280 jours) : le fœtus connaît une croissance rapide. Il prend du poids, ses systèmes fonctionnels (digestif, respiratoire, nerveux) arrivent à maturité, et il se prépare à la naissance. Cette phase est cruciale pour le développement musculaire et la prise de poids fœtal (Boukhari et Touil, 2019).

Le bon déroulement de la gestation dépend de plusieurs facteurs, notamment l'alimentation, le bien-être animal, la gestion sanitaire et les conditions environnementales. Une surveillance régulière permet de détecter précocement les troubles de gestation tels que la résorption embryonnaire, les avortements ou les retards de croissance intra-utérins (Carvalho, 2013).

2.5.2. Diagnostic de gestation

Le diagnostic de gestation chez la vache constitue une étape essentielle dans la gestion reproductive des troupeaux. Plusieurs méthodes sont disponibles, allant de la palpation transrectale aux analyses hormonales (progestérone, protéines associées à la gestation - PAG, œstrogènes), en passant par l'échographie, qui représente actuellement la méthode la plus performante (Boukhari et Touil, 2019).

Parmi ses nombreux avantages, l'échographie se distingue par :

- ❖ **Sa précocité** : elle permet de détecter la gestation dès 25 à 30 jours après l'insémination ou la saillie ;
- ❖ **Sa fiabilité** : des études ont montré une sensibilité de 97,7 % et une spécificité de 87,7 % entre 26 et 33 jours de gestation, avec une sensibilité pouvant atteindre 100 % dès le 29e jour ;
- ❖ **Son innocuité** : les examens précoces par échographie ne sont pas associés à une augmentation du taux de mortalité embryonnaire ;
- ❖ **Sa rapidité** : le diagnostic peut être réalisé directement dans l'exploitation, sans nécessité de transporter les animaux.

2.6. Vêlage

Le vêlage est à la fois l'essence et l'aboutissement du système de production laitière. C'est le moment où les vaches déclenchent la lactation et assurent le renouvellement futur du troupeau (Titler *et al.*, 2015). Prédire l'heure exacte de la naissance est difficile, cela est dû à la durée variable de la gestation des vaches, à l'impact de l'environnement et à l'incertitude du moment du vêlage (Bleul *et al.*, 2006).

La période de gestation devrait s'étendre de 268 à 296 jours suite à une insémination réussie (Inchaisri *et al.*, 2010).

Selon Boukhari et Touil, (2019), la durée moyenne de la gestation chez les bovins est de 282 jours, cette gestation peut être décrite en trois phases successives : la vie libre de l'œuf, l'implantation du conceptus et la phase placentaire

CHAPITRE II

ASPECTS

HÉMATOLOGIQUES

DES BOVINS

CHAPITRE II. ASPECTS HÉMATOLOGIQUES DES BOVINS

Le sang est un tissu conjonctif particulier, constitué d'éléments figurés en suspension dans un milieu fluide. Le plasma, une fois débarrassé du fibrinogène, est appelé sérum (Mirzadeh *et al.*, 2010).

Selon Kara et Dahel (2021), Le sang est un liquide visqueux et opaque; son goût salé et métallique. Il est plus épais (plus lourd) que l'eau et approximativement cinq fois plus visqueux, principalement en raison de ses composants figurés. Son pH varie entre 7.35 et 7.45 ; il est donc légèrement alcalin, et sa température dépasse toujours légèrement celle de l'organisme (38° C) (Kara et Dahel, 2021).

Les éléments figurés comprennent les érythrocytes (ou globules rouges), les leucocytes (ou globules blancs) ainsi que les plaquettes (Bacha et Bacha, 2000).

Chez les animaux domestiques, le sang représente environ 7 % de la masse corporelle (Kolb, 1975; Bounous et Stedman, 2000; Albusadah, 2004).

La majorité des cellules sanguines ont une durée de vie relativement courte, de quelques heures à quelques semaines à l'exception des érythrocytes et de certains lymphocytes. De plus, certaines de ces cellules présentent un métabolisme extrêmement limité. Il est donc essentiel que les cellules hématopoïétiques soient particulièrement actives et que le processus d'hématopoïèse se poursuive de manière continue tout au long de la vie de l'animal (Debré, Vieillard et Gonzalez, 2023).

À titre d'exemple, un mammifère produit quotidiennement environ 2,5 milliards d'érythrocytes, 2,5 milliards de plaquettes (ou thrombocytes) et 1 milliard de granulocytes par kilogramme de poids vif (Cordonnier *et al.*, 2001).

La compréhension de l'hématologie nécessite une connaissance approfondie de l'hématopoïèse et du fonctionnement actif du système hématopoïétique, compte tenu de leur importance (Drieu, 2009).

1.1. Hématopoïèse

Le terme hématopoïèse provient du grec, où « hémato » signifie « sang » et « poiesis » signifie « faire » ou « produire ». Littéralement, hématopoïèse désigne donc « la formation du sang ». Ce processus comprend différentes lignées cellulaires, notamment l'érythropoïèse (formation des érythrocytes), la myélopoïèse (formation des cellules myéloïdes), la lymphopoïèse (formation des lymphocytes) et la thrombopoïèse (formation des plaquettes) (Cordonnier *et al.*, 2001; Schalm, 2000; Smith, 2008).

Chez les espèces animales, l'hématopoïèse débute dans le sac vitellin durant la phase embryonnaire, puis le foie, la rate et la moelle osseuse acquièrent progressivement une activité hématologique. (Alsalamy et Filippich, 1999; Bacha et Bacha, 2000; Reines, 2000 et Petterino *et al.*, 2001).

À partir de la naissance et tout au long de l'âge adulte, la moelle osseuse hématopoïétique est le principal lieu de l'hématopoïèse. L'activité hématopoïétique du foie et de la rate se maintient pendant quelques semaines, mais s'arrête rapidement (Cordonnier *et al.*, 2001; Schalm *et al.*, 2000).

Chez le nouveau-né, la moelle osseuse hématopoïétique (ou moelle rouge) est présente dans presque tous les os du squelette. Chez l'adulte, elle se localise principalement au niveau des os spongieux du squelette axial (vertèbres, sternum, côtes, sacrum), du crâne, ainsi que dans les épiphyses des os longs. La moelle adipeuse, ou moelle jaune qui remplace progressivement une partie de la moelle hématopoïétique au cours du développement occupe le reste des cavités osseuses (Hajjar, 2020).

1.2. Composition et rôle du sang

Le sang est composé de cellules sanguines en suspension dans le plasma. L'ensemble est contenu dans les vaisseaux sanguins (Chantal, 2011).

On distingue trois types de cellules sanguines : les érythrocytes (les globules rouges), les leucocytes (les globules blancs) et les thrombocytes (les plaquettes sanguines) (Adili, 2007).

1.2.1. Leucocytes

Les globules blancs, également appelés leucocytes, se divisent en trois catégories ayant des fonctions distinctes : les granulocytes (qui comprennent les granulocytes éosinophiles, neutrophiles et basophiles), les monocytes et macrophages, ainsi que les lymphocytes (Janeway *et al.*, 2009)

1.2.1.1. Granulocytes

Les granulocytes tirent leur dénomination de la présence de granulations distinctives dans leur cytoplasme. On les désigne également sous le nom de polynucléaires en raison de la présence d'un noyau à plusieurs lobes. On distingue trois sortes de granulocytes : les granulocytes neutrophiles, éosinophiles et basophiles. Après une coloration au MGG, elles sont aisément identifiables (Janeway *et al.*, 2009).

Il s'agit de cellules à durée de vie limitée (de 48 heures à quelques jours), qui passent un bref moment dans le flux sanguin avant d'être distribuées aux divers tissus (Cordonnier *et al.*, 2001; Doxey *et al.*, 1977; Schalm *et al.*, 2000).

A. Granulocytes neutrophiles

Les granulocytes neutrophiles, grâce à leur capacité de phagocytose, ont un rôle crucial dans la protection de l'organisme, en particulier lors d'infections bactériennes. Ils passent plusieurs heures dans le flux sanguin avant de migrer vers divers tissus pour y établir leurs Fonctionnalités. Les neutrophiles restent environ dix heures dans le sang, comparativement à 1 à 4 jours dans les tissus. Par conséquent, le taux de renouvellement est considérable et le nombre total de GNN est remplacé deux à trois fois par jour à l'échelle de l'organisation (Thrall *et al.* 2022).

B. Granulocytes éosinophiles

Dans le cas des bovins, il s'agit de cellules sphériques dont le diamètre varie entre 12 et 18 μm , leur dimension est donc comparable à celle des granulocytes neutrophiles. Le noyau se présente soit sous la forme Soit d'un groupe, soit il est bilobé, avec une chromatine

basophile et tachetée. Le cytoplasme basophile de couleur bleu pâle est généralement difficile à distinguer, étant masqué par une multitude de granulations éosinophiles d'un rouge vif. Ces petites particules rondes ont un diamètre allant de 0,5 à 1 μm (Utama *et al.*, 2013)

Selon Thrall *et al.* (2022), les GNE ne demeurent dans le sang que pour quelques heures, mais peuvent subsister dans les tissus pendant une durée allant jusqu'à six jours.

C. Granulocytes basophiles

Les granulocytes basophiles présentent un diamètre variant de 11 à 14 μm , comparable à celui des autres granulocytes. Le noyau présente une forme polylobée, généralement avec trois lobes, bien qu'il soit fréquemment occulté par les multiples granulations basophiles qui se teignent de bleu. Ces granulations peuvent avoir différentes tailles. Les GNB ne demeurent que quelques heures dans la circulation sanguine, mais peuvent subsister dans les tissus pendant jusqu'à douze jours (Sukhomlinova *et al.*, 2016).

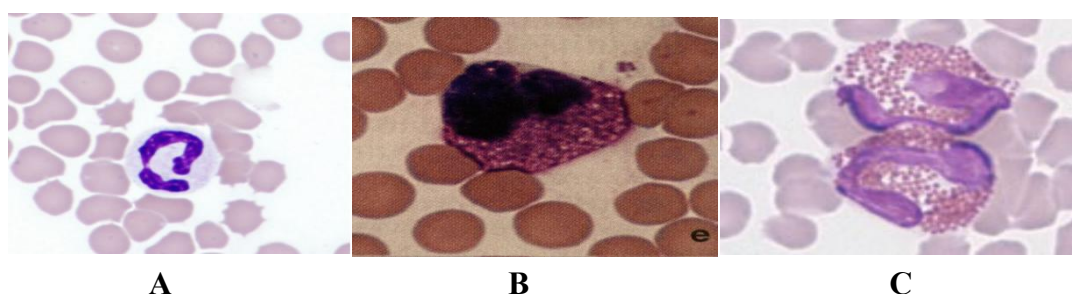


Figure 6 . Granulocyte de bovin adulte (A: Neutrophile, B: Basophile, C: Éosinophile) (Audouard, 2024).

1.2.1.2. Monocytes

Les monocytes, qui sont dérivés des monoblastes de la lignée myélomonocytaire, sont produits dans la moelle osseuse. Après maturation, ils sont libérés dans le système circulatoire et migrent vers divers organes tels que la rate, le foie, les poumons ou la moelle osseuse 12 à 26 heures plus tard pour se transformer en macrophages (Tänzer, 2019).

Selon Brooks *et al.* (2022), la durée de vie des macrophages peut varier de plusieurs semaines à plusieurs années en fonction du tissu et des conditions dans lesquelles ils se trouvent. Seuls les monocytes sont observables sur un frottis. Il s'agit de grandes cellules présentant une forme plus ou moins arrondie, dont le diamètre varie entre 13 et 19 μm . Le

rapport entre le noyau et le cytoplasme est moyen, et la forme du noyau présente généralement deux lobes, rappelant celle d'un fer à cheval. La chromatine est faiblement dense, fine avec certaines zones plus sombres. Le cytoplasme des lymphocytes est plus sombre que celui des autres types de cellules, il présente une teinte « gris ciel d'orage » (le fond a une couleur gris/violacée et il est rempli de petites granulations azurophiles à éosinophiles). Il peut aussi présenter des vacuoles transparentes de dimensions variables (Thrall *et al.*, 2022).

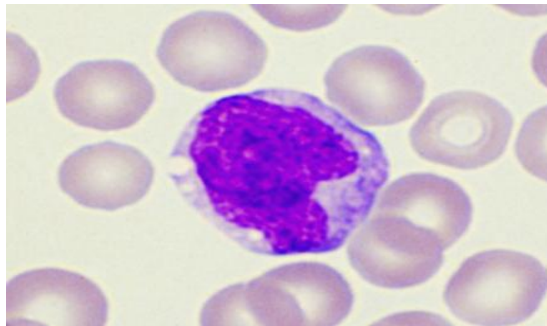


Figure 7. Monocyte de bovin adulte (Audouard , 2024).

1.2.1.3. Lymphocytes

Il s'agit de cellules arrondies, dotées d'un noyau qui occupe presque toute la cellule, laissant peu de place au cytoplasme bleu clair (Canfield, 1998; Petterino *et al.*, 2001).

Ces cellules constituent le deuxième type cellulaire le plus abondant dans le sang.

- **Lymphocytes B** : susceptibles de se transformer en lymphocytes B mémoires et en plasmocytes, ils secrètent des anticorps (Silim et Rekik, 1992; Day, 2000; Steffens, 2000).

- **Lymphocytes T** : (traités dans le thymus) acteurs de l'immunité régulée par les cellules (Atul et Victor, 2003).

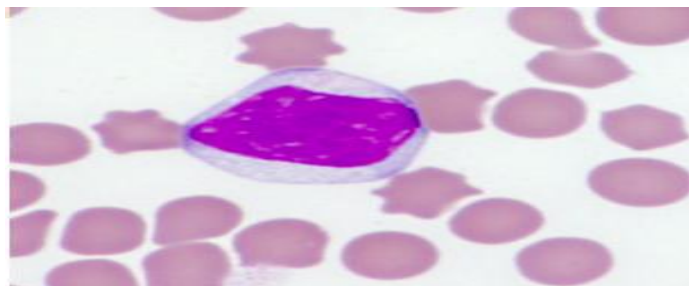


Figure 8. Grand lymphocyte de bovin adulte (Audouard , 2024).

1.2.2. Thrombocytes

Il s'agit de segments cellulaires dépourvus de noyau dérivant de la décomposition d'un précurseur médullaire, à savoir le mégacaryocyte (Bacha et Bacha, 2000).

Il s'agit d'éléments ovales présentant fréquemment des protubérances de pseudopodes, qui sont éliminés dans le foie et la rate (Boughofala et Boucetta, 2015).

Les plaquettes, également appelées thrombocytes, jouent un rôle crucial dans le processus de l'hémostase: Constitution du clou plaquettaire pour stopper l'hémorragie (coagulation sanguine); participation à la création de la fibrine et à la contraction du caillot (Tablin, 2000 et Chabanne *et al.*, 2003).

En plus de leur fonction dans le processus de coagulation, les plaquettes pourraient également intervenir dans l'inflammation. Effectivement, elles peuvent libérer des composés pro-inflammatoires, comme le PAF, la sérotonine et divers chimiokines (Cordonnier et Fontaine, 2001; Meyer, 1991).

La longévité des plaquettes peut différer d'une espèce animale à une autre, leur dégradation étant effectuée par les phagocytes mononucléés et par leur absorption lors du processus d'hémostase (Chabanne *et al.*, 2003).

1.2.3. Hématies (Les érythrocytes)

1.2.3.1. Origine et morphologie

Les érythrocytes, ou hématies, sont des cellules sanguines dépourvues de noyau, produites au cours d'une série d'étapes de différenciation et de maturation appelée érythropoïèse (Hariche, 2021).

L'érythropoïétine (EPO), une hormone principalement sécrétée par les reins en réaction à l'hypoxie, joue un rôle clé dans la régulation de l'érythropoïèse. Elle va gérer la multiplication et le développement des précurseurs de globules rouges dans la moelle osseuse (Jones et Allison 2007).

En outre, l'EPO favorise la survie et la différenciation d'un nombre accru de cellules en globules rouges en inhibant l'apoptose des progéniteurs érythroïdes (Jelkmann 2004).

Structurellement, ces cellules sont formées d'une membrane plasmique constituée d'une bicouche lipidique liée à des protéines, entourant un cytoplasme riche en hémoglobine. La présence de protéines membranaires spécifiques leur confère une grande élasticité et déformabilité, leur permettant de traverser les capillaires étroits ainsi que les sinus médullaires et spléniques au cours de l'érythropoïèse et de l'érythrolyse (Drieu, 2009).

Selon Hoolbecq (2015), les globules rouges chez les bovins sont des cellules de couleur rouge, à forme biconcave et arrondie, d'une taille variant de 5 à 6 μm de diamètre. Contrairement à la plupart des espèces, le centre chez les bovins ne semble pas moins coloré.

Leur durée de vie chez le bovin adulte varie de 130 à 160 jours (Cordonnier *et al.*, 2001; Doxey *et al.*, 1977; Schalm *et al.*, 2000), tandis qu'elle est plus courte chez le veau, allant de 70 à 130 jours (Meyer *et al.*, 2004).

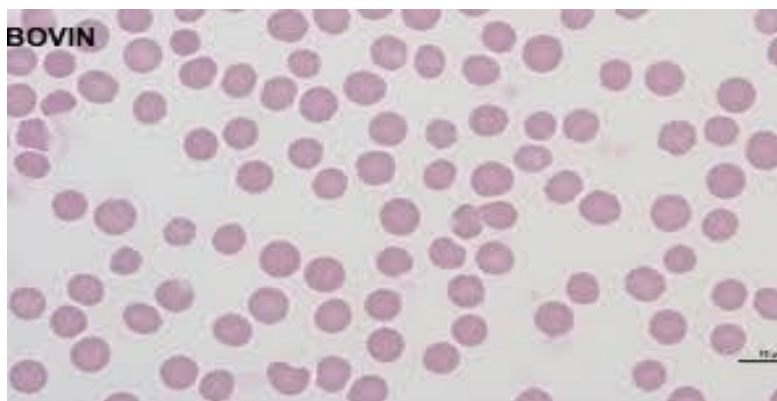


Figure 9. Hématies observées sur un frottis sanguin de bovin (Audouard , 2024).

1.2.3.2. Rôle et fonctions des hématies

a. Transport des gaz respiratoires

Les hématies jouent un rôle crucial dans le transport des gaz respiratoires. Elles assurent le transfert de l'oxygène (O_2) des poumons vers les tissus, ainsi que le dioxyde de carbone (CO_2) des tissus vers les poumons. Cette fonction est assurée par l'hémoglobine, protéine majeure des globules rouges, composée de quatre groupes hème et d'une chaîne

polypeptidique appelée globine. Chaque groupe hème contient un atome de fer (Fe^{2+}) capable de se fixer de manière réversible à une molécule d'oxygène. L'ensemble forme l'oxyhémoglobine, forme principale de transport de l'oxygène dans le sang (Audouard, 2024).

L'hémoglobine transporte également une fraction du dioxyde de carbone sous forme de carbaminohémoglobine. Cependant, la majeure partie du CO_2 est véhiculée dans le plasma sous forme de bicarbonates (HCO_3^-), produits par l'action de l'anhydrase carbonique (Zouitina *et al.*, 2024).

b. Affinité pour le monoxyde de carbone

L'hémoglobine présente une affinité beaucoup plus élevée pour le monoxyde de carbone (CO) que pour l'oxygène. Cette affinité entraîne la formation de carboxyhémoglobine, un complexe stable qui empêche la fixation normale de l' O_2 . Ainsi, en présence simultanée de CO et d' O_2 , l'hémoglobine privilégiera la liaison au monoxyde de carbone, réduisant considérablement la capacité de transport d'oxygène du sang (Audouard, 2024).

c. Régulation de l'équilibre acido-basique

Outre le transport gazeux, les hématies interviennent dans le maintien de l'équilibre acido-basique du sang. Grâce à leur capacité à capter ou libérer des ions hydrogène (H^+), elles participent au système tampon du sang, aidant ainsi à stabiliser le pH sanguin (Brooks *et al.*, 2022; Thrall *et al.*, 2022).

d. Rôle dans la réponse immunitaire et l'inflammation

Les hématies peuvent également participer à la réponse immunitaire. Elles peuvent fixer des anticorps à leurs antigènes de surface, jouant un rôle dans la reconnaissance immunologique. Par ailleurs, elles sont capables de produire et de libérer des médiateurs inflammatoires, tels que l'oxyde nitrique (NO), un puissant vasodilatateur impliqué dans la régulation du tonus vasculaire et de la microcirculation (Kleinbongard, 2006).

1.2.3.3. Anomalies des hématies

Il est possible de détecter diverses anomalies morphologiques : des altérations de taille, de forme, de couleur et aussi des inclusions à l'intérieur du cytoplasme (Mekroud *et al.*, 2022).

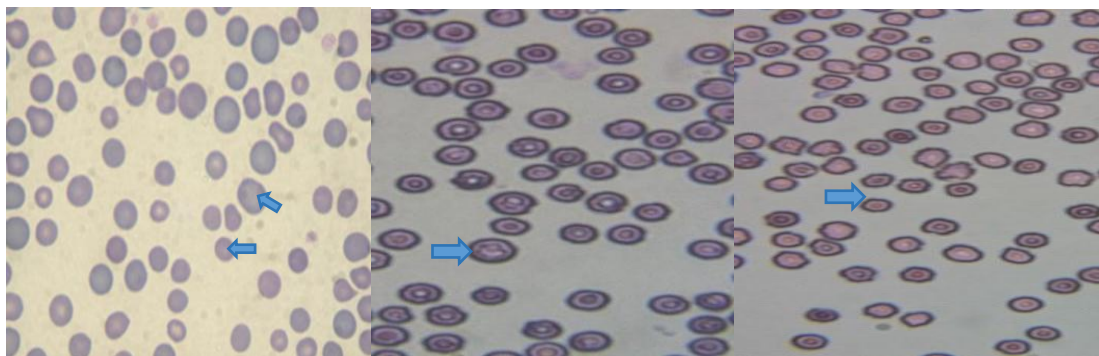
A. Anomalies de taille

Lorsque le VGM se situe dans les normes, la population érythrocytaire est dite normocytaire. Si le VGM est inférieur à la normale, on parle de microcytose, tandis que s'il est supérieur à la normale, on parle de macrocytose (Mekroud *et al.*, 2022).

Lorsque le VGM dépasse largement la normale, on qualifie alors la population de mégaloocytaire (Béné *et al.*, 2018).

Selon Schalm *et al.* (2000) et Mechri, (2024), une anisocytose chez les bovins, qui désigne une variabilité dans la taille et le diamètre des hématies, est considérée comme normale; elle demeure légère à modérée chez un animal en bonne état.

- ❖ **Anisocytose:** Correspond à une inégalité de la taille et du diamètre des globules rouges.
- ❖ **Macrocytose:** Présence d'hématies de grande taille.
- ❖ **Microcytose:** Présence d'hématies de petite taille.



A: Anisocytose

B: Macrocytose

C: Microcytose

Figure 10. Anomalies de taille chez le bovin (Bourret, 2022; Rehman *et al.*, 2024)

B. Anomalies de forme

Selon Polton (2013) et Drieu (2009), la forme des érythrocytes ne peut être évaluée qu'à l'examen microscopique. Certaines automates peuvent détecter les anomalies majeures, mais cela ne substitue pas à l'inspection manuelle.

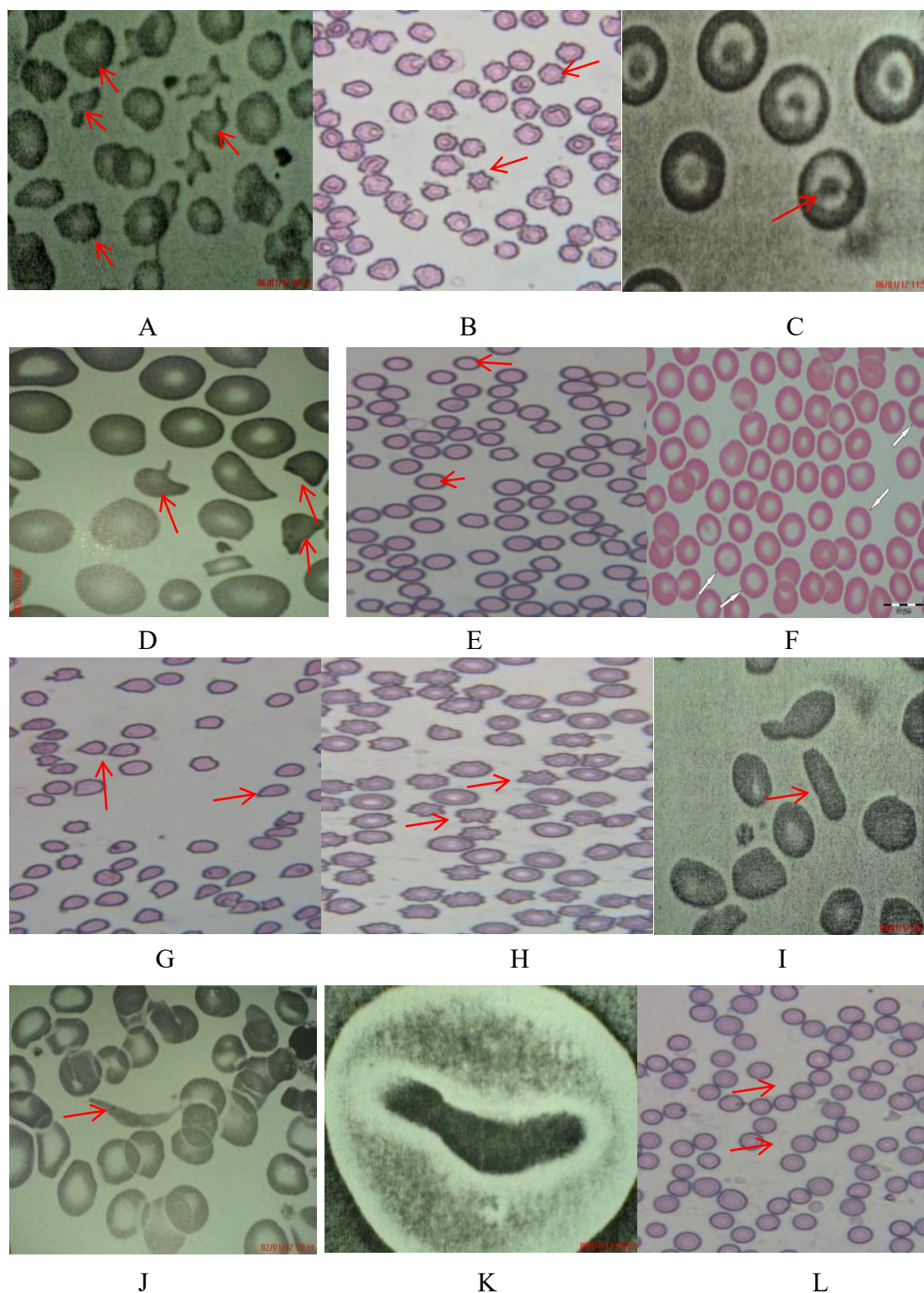
Selon Jain (1993) cité par Hemaïdia (2012); Drieu (2009) et Rehman (2024), les anomalies de formes présentent une grande diversité et variété.

- ❖ **Poïkilocytose** : Présence d'hématies de formes très variées sur un frottis sanguin.
- ❖ **Acanthocyte** : Hématie avec des spicules irréguliers, projetés de manière inégale sur la membrane cellulaire avec une longueur et un diamètre variable.
- ❖ **Codocyte (cellule de cible)**: Globule rouge en forme de cloche, caractérisé par une zone centrale d'hémoglobine dense, séparée totalement ou partiellement d'un anneau périphérique par une zone claire
- ❖ **Schizocyte** : Hématie ayant une forme bizarre et fragmentée due à une rupture mécanique de la membrane érythrocytaire lors de la traversée d'obstacles dans la lumière vasculaire.
- ❖ **Sphérocyte** : Petite hématie ronde sans pâleur centrale due à une phagocytose partielle suite à la fixation d'anticorps ou du complément sur la membrane cellulaire. La présence de sphérocytes suggère une anémie hémolytique à médiation immune.
- ❖ **Annulocyte** : Un annulocyte est un globule rouge (hématie) anormal, caractérisé par une zone centrale très claire, souvent entourée uniquement d'un fin anneau périphérique d'hémoglobine. Cela lui donne une forme d'anneau (d'où le nom).
- ❖ **Dacaryocyte** : est une cellule de forme d'une larme ; elle formée probablement à cause de l'incapacité de la cellule déformée à reprendre sa forme initiale
- ❖ **Échinocyte**: cellule a plusieurs projections, courtes, régulièrement espacées, pointues et de dimensions uniformes. Elles sont fréquemment rencontrées chez le cheval sous exercices continues probablement à la suite de l'épuisement de l'ATP des taux élevés de potassium ionique et le pH réduit du plasma.

ASPECTS HÉMATOLOGIQUES DES BOVINS

- ❖ **Elliptocyte ou ovalocyte** : globule rouge de forme elliptique ou ovale, incluant d'autres variantes telles que la forme en cigare. Cette morphologie est caractéristique de la famille des camélidés..
- ❖ **Drépanocyte**: C'est une cellule en forme de faucille, qui résulte de la polymérisation de l'hémoglobine S (ou d'autres hémoglobines anormales). Une telle forme peut être observée occasionnellement chez les ovins et les caprins, mais elle n'apparaît pas chez les autres espèces.
- ❖ **Stomatocyte**: est une anomalie de forme des hématies (globules rouges) caractérisée par une zone centrale pâle en forme de fente ou de bouche, au lieu de la zone claire arrondie typique des érythrocytes normaux.

Hématies en rouleaux: Les rouleaux désignent un empilement linéaire des globules rouges (érythrocytes), ressemblant à une pile de pièces de monnaie observé sur les frottis sanguins.



A:Poïkilocytose; B:Acanthocyte; C:Codocyte; D:Schizocyte; E:Sphérocyte; F:Annulocyte; G:Dacaryocyte;

H:Échinocyte; I: Elliptocyte ou ovalocyte; J: Drépanocyte; K: Stomatocyte; L: Hématies en rouleaux.

Figure 11. Anomalies de forme chez le bovin (Hamaidia, 2012; Bourret, 2022; Rehman et *al.*, 2024; Bajrić et *al.*, 2020)

C. Anomalies de couleur

- ❖ **L'anisochromie** correspond à la présence d'érythrocytes présentant une variabilité de coloration, traduisant des différences de concentration en hémoglobine entre les cellules (Bricteux et *al.*, 2002).
- ❖ **L'hypochromie**, quant à elle, se caractérise par une diminution de la teneur intracellulaire en hémoglobine, secondaire à une synthèse déficiente de celle-ci, tant sur le plan qualitatif que quantitatif (Hamouche, 2022).
- ❖ **La polychromatophilie** désigne des érythrocytes de grande taille, faiblement hémoglobinés, dont la teinte gris-bleu au MGG traduit la présence résiduelle d'ARN cytoplasmique, témoignant d'une maturation incomplète (Lainey et Fenneteau, 2018).

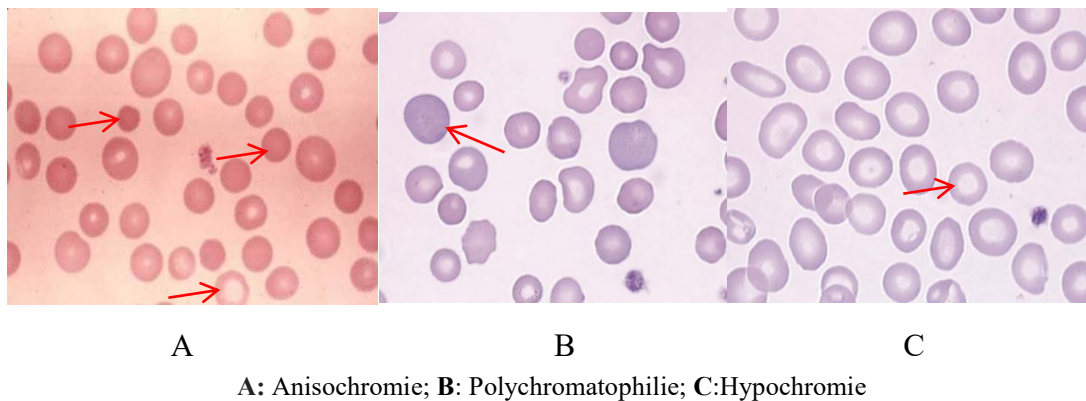


Figure 12. Anomalies de coloration (Fenneteau, 2014; Valensi, 2005)

D. Anomalies d'inclusions intra-érythrocytaires

- ❖ **Les corps de Howell-Jolly:** sont des corpuscules sphériques (0,5 à 1 μm de diamètre) de même teinte que le noyau (rouge foncé au MGG) en général unique dans la cellule (Gharbi et *al.*, 2020).
- ❖ **Les granulations basophiles:** de taille et de quantité variables, sont des granules arrondies ou irrégulières teintées en bleu au MGG et dispersées dans tout le cytoplasme (hématies ponctuées) (Mogharbi et Zerouki, 2017).

- ❖ **Les Pappenheimer:** sont de petites granules ayant un diamètre de 0,5 μm , teintées en bleu par le MGG et disposées dans le cytoplasme. Les globules rouges qui les renferment sont désignés sous le nom de sidérocytes (Picaut, 2006).
- ❖ **Les anneaux de Cabot:** représentent des résidus de microtubules constituant le fuseau mitotique. Ils apparaissent dans l'hématie sous la forme d'anneaux de huit, de couleur rouge violacée au MGG (Lamali, 2023).
- ❖ **Les cristaux d'hémoglobine C:** sont des cristaux réfringents dus à la condensation de l'hémoglobine C qui se cristallise par suite de la déshydratation des hématies (Lainey et Fenneteau, 2018).
- ❖ **Les corps de Heinz:** ne sont pas visibles au MGG, mais après coloration supravitale (bleu de crésyl...). Ils apparaissent sous forme d'inclusions rondes ou irrégulières de taille variable, de couleur bleue (Lamali, 2023).
- ❖ **Inclusions d'hémoglobine H :** sont mis en évidence après coloration supravitale (bleu de crésyl) sous forme de nombreux granules ronds intracytoplasmiques, régulièrement répartis et colorés en bleu, réalisant un aspect de « balle de golf ». (Béné et *al.*, 2018).

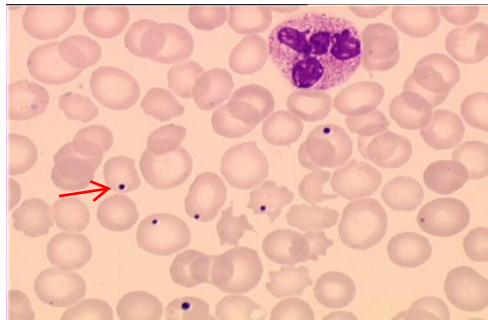


Figure 13. Corps de Howell Jolly (Angers, 2012).

1.3. Paramètres hématologiques

La quantification des différentes populations cellulaires circulantes peut être réalisée à l'aide de méthodes d'analyse manuelles ou automatisées (Béné *et al.*, 2018).

L'estimation du nombre de cellules sanguines de types variés repose sur la numération formule sanguine (NFS), également appelée hémogramme, qui permet d'évaluer les cellules hématopoïétiques circulantes (Béné *et al.*, 2018).

L'hémogramme comprend à la fois des paramètres biologiques mesurés directement et d'autres dérivés de ces mesures, tout en fournissant des informations morphologiques utiles à l'interprétation clinique. Il inclut notamment : la numération des cellules (érythrocytes, leucocytes et thrombocytes), l'hématocrite, la concentration en hémoglobine, le volume globulaire moyen (VGM), la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (CCMH) et la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (TCMH) (Audouard, 2024).

ASPECTS HÉMATOLOGIQUES DES BOVINS

Tableau 5. Valeurs de référence des paramètres sanguins chez le bovin

paramètres	Intervalle de référence	
	Brook <i>et al.</i> , 2022	Kahn <i>et al.</i> , 2010
Hémoglobine (g/dL)	8,5 – 12,2	8- 15
Hématocrite (%)	22 - 33	24 – 46
Globules rouges ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	5,1 – 7,6	5- 10
Globules blancs (μL)	4 900 – 12 000	4000- 12000
Lymphocytes	1 600 – 5 600 (μL)	45- 75 %
Monocytes	0 - 800 (μL)	2- 7 %
Neutrophiles	1 800 – 6 300 (μL)	15- 45 %
Eosinophiles	0 - 900 (μL)	2- 20 %
Basophiles	0 - 200 (μL)	0- 2 %
Plaquettes (μL)	200 000 – 650 000	100 000- 800 000
VGM (fL)	/	40- 80
CCMH %	/	30-36
TCMH (Pg)	/	11-17

1.3.1. Numération globulaire (NG)

En général, chez un bovin adulte, on trouve entre 5 et 10 millions d'hématies par microlitre, avec une moyenne de 7 millions par μL (Cordonnier *et al.*, 2001 ; Schalm *et al.*, 2000; Hariche, 2021).

1.3.2. Hématocrite (Ht)

L'hématocrite correspond à la proportion, en volume, que représente la population érythrocytaire dans le sang. Il fluctue en fonction du niveau de dilution du sang et du compte

des globules rouges. Dans un état physiologique chez le bovin, elle varie entre 24 et 46% (Hariche, 2021).

Le taux d'hématocrite est très haut à la naissance, puis il diminue rapidement avant de se stabiliser vers les valeurs adultes, pour ensuite diminuer progressivement avec l'âge (Audouard, 2024).

1.3.3. Taux d'hémoglobine (Hb)

Deux formes d'hémoglobine sont présentes chez les bovins adultes : HbA et HbB. On note également la présence d'une hémoglobine embryonnaire (HbE) et d'une hémoglobine fœtale (HbFs). Selon Feghoul (2019), on estime qu'à la naissance, l'hémoglobine fœtale représente entre 60 et 97% de l'hémoglobine totale du veau. Cette proportion tend à diminuer progressivement avec l'âge. Quatre semaines après la naissance, l'hémoglobine fœtale ne constitue plus que 35 à 60% de l'hémoglobine totale et cette proportion diminue à 10-20% après 10 semaines (Doxey *et al.*, 1977 cité par Hariche, 2021).

1.3.4. Indices de Wintrobe (VGM, CCMH, TGMH)

➤ Volume Globulaire Moyen (VGM)

Selon Jain (1993), la valeur moyenne chez l'adulte se situe entre 40 et 60 μm^3 . À la naissance, le VGM est de 48,5 ($\pm 4,5$) μm^3 et il tend à diminuer graduellement durant les deux premiers mois. Par la suite, après une période de six mois, il commence à croître progressivement jusqu'à 2 ans pour finalement parvenir à sa valeur adulte (Hariche, 2021).

Le VGM varie considérablement en fonction de la durée de gestation de l'animal. En effet, les veaux prématurés présentent un poids de naissance moyen plus élevé (Audouard, 2024).

➤ Concentration Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine (CCMH)

D'après Herman et Guerlin (2022), la valeur moyenne chez l'adulte bovin se situe entre 30 et 36 g/100mL.

Comme l'hémoglobine est normalement présente dans le globule rouge en solution quasiment saturée, on ne peut observer une augmentation notable de la CCMH au-delà de sa valeur normale. La CCMH présente une grande constance (Youcef, 2020).

➤ Teneur Globulaire Moyenne en Hémoglobine (TGMH)

C'est un marqueur très fiable et précoce des anémies dues à une perturbation du métabolisme du fer (Benadda et Bardadi, 2017).

Selon Bellier et Cordonnier (2010), la moyenne chez les bovins adultes se situe entre 11 et 17 pg.

1.3.5. Numération plaquettaire

Chez les bovins, le compte de plaquettes varie de 100 000 à 800 000 par mm³, avec une moyenne de 500 000 par mm³ (Bellier et Cordonnier, 2010).

L'évaluation du nombre et du fonctionnement des plaquettes se fait par le biais du temps de saignement, qui offre une évaluation globale de l'hémostase (Cordonnier *et al.*, 2001; Meyer *et al.*, 1991).

1.3.6. Numération leucocytaire

La formule leucocytaire est la répartition en pourcentage des différents types de leucocytes: granulocytes (Neutrophiles, éosinophiles, Basophiles), Monocytes et Lymphocytes (Valensi, 2005).

Elle est déterminée en comptant au microscope sur un frottis de sang teinté selon la méthode de May-Grünwald et Giemsa (MGG), à partir de 100 à 200 cellules (M'hamedi et Boulgheb, 2022).

La numération de chaque type leucocytaire en multipliant la numération leucocytes totale par le pourcentage correspondant obtenu dans la formule et en divisant le résultat par 100 (Valensi, 2005).

1.3.6.1. Granulocytes (polynucléaires)

- Il est peu fréquent d'observer des **granulocytes neutrophiles** non segmentés chez le bovin, et ils peuvent être absents sur un frottis. Dans un état physiologique, leur nombre est très limité, variant entre 0 et 120 par mm³ (Doxey *et al.*, 1977; Schalm *et al.*, 2000; Smith, 1996).
- Les **polynucléaires éosinophiles** (PNE) sont particulièrement réputés pour être les principaux responsables des lésions tissulaires au cours de la phase avancée des maladies allergiques, la valeur moyenne est de 700 / μ l (entre 0 et 2400 / μ l) (Young *et al.*, 2006)
- Chez un bovin normal, la concentration des **granulocytes basophiles** se situe généralement entre 0 et 200/mm³ (Herman et Guerlin, 2022).
- La basopénie ou la basophilie est rarement évoquée, car les fluctuations de ces cellules sont peu fréquentes, sauf dans certaines pathologies tumorales (Schalm *et al.*, 2000 ; Smith, 1996).

1.3.6.2. Monocytes

La valeur moyenne des Monocytes est de 4% entre (2-7%)(Herman et Guerlin, 2022).

1.3.6.3. Lymphocytes

Chez le bovin sain on compte entre 2500 et 7500 lymphocytes par millimètre cube. La Lymphopénie fait référence à la réduction du nombre de lymphocytes, tandis que la Lymphocytose décrit leur accroissement (Cordonnier *et al.*, 2001; Jain, 1993; Schalm *et al.*, 2000; Smith, 2008).

➤ Volume sanguin chez les bovins

Selon Mekroud (2021), le volume sanguin correspond à la quantité totale de sang circulant dans l'organisme, incluant à la fois le sang en circulation active et celui en réserve dans divers organes. Ce volume peut être influencé par plusieurs facteurs physiologiques et zootechniques, parmi lesquels :

ASPECTS HÉMATOLOGIQUES DES BOVINS

- ❖ **L'âge** : les jeunes animaux présentent généralement un volume sanguin plus faible que les adultes.
- ❖ **L'état d'entretien** : un animal en phase d'engraissement tend à avoir un volume sanguin inférieur à celui d'un animal en entretien normal.
- ❖ **L'état physiologique** : les femelles en gestation ou en lactation présentent un volume sanguin plus élevé que les femelles non gestantes.
- ❖ **L'effort physique** : l'activité physique intense entraîne une mobilisation des réserves sanguines, augmentant temporairement le volume de sang en circulation.

Tableau 6. Volumes sanguins chez les deux classes d'âges des bovins (Kolb, 1974 cité par Mekroud 2021)

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

Partie II

Étude

Expérimentale

Matériel et méthodes

1. Objectif de l'étude

En Algérie, les études sur la prévalence des anomalies érythrocytaires chez les ruminants, notamment les bovins, demeurent rares et se limitent souvent à des échantillons restreints.

Dans ce contexte, la présente étude vise à caractériser ces anomalies chez les bovins élevés dans la région de Tiaret, tout en évaluant l'influence de l'âge et de la parité sur leur occurrence. Ces altérations des globules rouges peuvent compromettre l'état général des femelles en affectant des fonctions physiologiques essentielles telles que le transport de l'oxygène, la reproduction ou la lactation. À long terme, elles sont susceptibles d'impacter négativement les performances sanitaires et zootechniques du cheptel. D'où l'importance d'une détection précoce et d'une compréhension approfondie de leurs déterminants.

2. Lieu d'étude

Notre travail a été réalisé dans différents lieux de la région de la wilaya de Tiaret, provenant de vaches laitières élevées sur trois exploitations bovines

- ❖ La ferme expérimentale de l'Université Ibn Khaldoun de Tiaret ;
- ❖ La ferme Douma (éleveurs locaux) ;
- ❖ Une ferme privée située dans la commune de Sebaine.



Figure 14. Localisation de la ferme expérimentale de l'université de Tiaret (Image Satellite)



Figure 15. Localisation de la ferme privée à Sebaine (Image Satellite)



Figure 16. Localisation de la ferme Douma (Image Satellite)

2.1. Présentation de la zone d'étude

La wilaya de Tiaret, qui était le siège des Rostémides, a été établie en 787 par Ibnou Rostom, située dans la région du centre-ouest de l'Algérie. Elle constitue une partie essentielle de la région physiographique des hauts plateaux et se trouve à plus de 300 kilomètres au sud-ouest de la capitale. Elle est voisine de plusieurs wilayas et joue le rôle d'interface entre les zones du nord-ouest et celles du sud. D'un point de vue administratif, elle se compose de 14 Daïras et de 42 communes (Achir, 2009).

Elle est délimitée par plusieurs wilayas à savoir :

- Tissemsilt et Relizane au Nord ;
- Laghouat et El Djelfa au Sud ;
- Mascara et Saida à l'Ouest ;
- Et Djelfa à l'Est.

2.2. Caractères climatiques de la zone d'étude

Le climat est de nature continentale, caractérisé par des hivers secs et rudes où la température descend facilement sous le 0°C, tandis qu'en été, elle peut facilement dépasser les 40 °C (Benahmed et *al.*, 2016).

Meddi et ses collaborateurs (2019) ont étudié la progression des indices de sécheresse à Tiaret sur la période de 1961 à 2016. Les résultats indiquent une augmentation notable de l'indice de sécheresse de Palmer (PDSI) ainsi que de l'indice de stress hydrique durant la période analysée. Ces observations indiquent une aggravation de la sécheresse dans la zone, ce qui pourrait impacter l'accès aux ressources naturelles pour les activités agricoles.

3. Période d'étude

L'étude a été réalisée durant la période allant de mars à avril 2025, au cours de laquelle des prélèvements sanguins ont été effectués sur les vaches laitières dans les trois exploitations étudiées.

4. Population étudiée

Cette étude a porté sur un effectif de 43 vaches laitières élevées dans la région de Tiaret, présentant des âges et des parités variés. Chaque animal était identifié par une boucle auriculaire portant un numéro national unique, apposée sur les deux oreilles.

Tableau 7. Présentation globale de l'effectif des vaches étudiées

Répartition de l'effectif		Nombre
Parité	Nullipares	18
	Primipares	05
	Multipares	20
Âge (an)	≤3	19
	]3-6]	15
	>6	09
Total des cas étudiés		43

5. Déroulement de la partie expérimentale

L'étude s'est déroulée en deux phases complémentaires : une phase de terrain, réalisée au sein des fermes, au cours de laquelle des prélèvements sanguins ont été effectués à partir de la veine jugulaire chez toutes les vaches, avec l'assistance d'un vétérinaire ; et une phase de laboratoire, consacrée à la réalisation des hémogrammes et des frottis sanguins.

5.1. Prélèvement sanguin et collecte des données

Dans le cadre de cette étude, 43 échantillons de sang ont été prélevés à partir de la veine jugulaire à l'aide de seringues à usage unique. Les échantillons ont été recueillis dans des tubes contenant de l'EDTA (éthylène diamine tétra acétate).

Chaque tube de prélèvement a été identifié par un numéro correspondant à celui inscrit sur la boucle auriculaire de la vache. Ce numéro a été reporté sur une fiche individuelle contenant les principales données relatives à l'animal, notamment l'âge, la parité, le sexe, ainsi que la date de prélèvement.



Figure 17. Prélèvement sanguin (Photo personnelle, 2025)



Figure 18. Collecte des données (Photo personnelle, 2025)

5.2. Analyse hématologique

Les prélèvements ont été transférés dans les plus brefs délais au laboratoire d'analyses hématologiques (laboratoire d'hématologie Dr Yagoubi, wilaya de Tiaret). Deux tests hématologiques ont été effectués : un hémogramme à l'aide d'un automate d'analyse (Mythic 18 – Orphée) et un frottis sanguin.



Figure 19. Identification des tubes de prélèvements (Photo personnelle, 2025)



Figure 20. Automates d'hématologie Mythic 18-Orphée (Photo personnelle, 2025)

5.2.1. Hémogramme

Pour les résultats de l'hémogramme, notre étude s'est focalisée exclusivement sur la lignée érythrocytaire, dont les paramètres jouent un rôle clé dans l'interprétation des résultats cytologiques des hématies.

Les principaux paramètres examinés sont les suivants :

- Nombre de globules rouges (GR)

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

5.2.2. Frottis sanguin

5.2.2.a. Préparation des frottis

Sur une lame soigneusement nettoyée et dégraissée, on dépose une goutte de sang d'un diamètre de 2 mm, à un centimètre du bord. Une seconde lame ou lamelle est ensuite positionnée en contact avec la première à un angle de 30°, permettant ainsi à la goutte de se répandre par capillarité. Cette dernière est ensuite tirée vers l'extrémité de la lame puis sécher à l'air libre (Siliart et Nguyen, 2007).

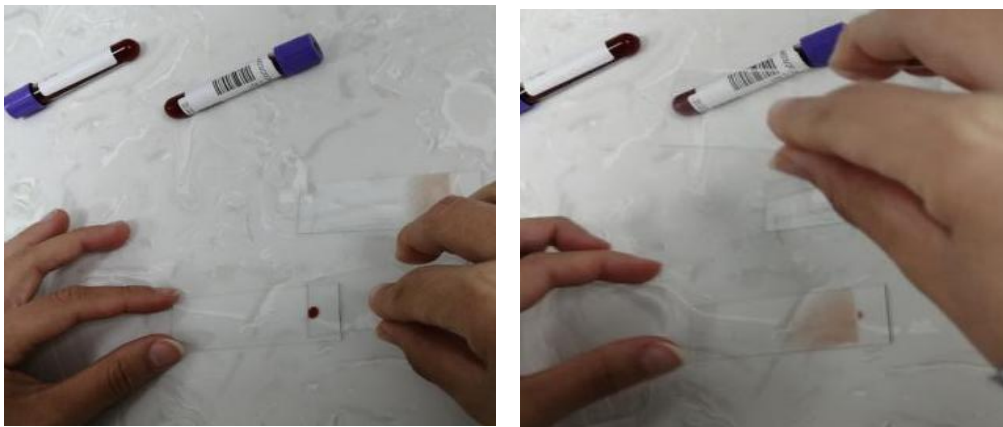


Figure 21. Préparation des frottis sanguins (Photo personnelle, 2025)

5.2.2.b. Coloration de MGG

Il s'appuie sur l'utilisation conjointe de deux colorants neutres, le May-Grunwald qui contient un colorant acide, l'éosine, et un colorant basique, le bleu de méthylène. Le Giemsa contient également de l'éosine, un colorant basique, ainsi que de l'azur de méthylène. Ces

deux colorants se trouvent en solution dans l'alcool méthylique sous leur forme inactive. Lorsqu'on ajoute de l'eau, les sels (comme l'éosinate de méthylène et l'azur de méthylène) précipitent et se fixent de manière sélective aux composants cellulaires. Les composants cellulaires acides auront une affinité pour les colorants basiques, tandis que les composants cellulaires basiques auront une propension à se lier avec les colorants acides (Hariche, 2021).



Figure 22. Colorant May-Grunwald (Photo personnelle, 2025)

❖ Étapes de coloration

- 1- Placer les Frottis dans un bec ;
- 2- Mettre des gouttes de May-Grunwald pendant 1-3 min ;
- 3- Rincer avec l'eau distillée pendant une minute ;
- 4- Mettre des gouttes de Giemsa dilué à 1/10 pendant 15 à 20 min ;
- 5-Rincer avec l'eau distillée ;
- 6- Laisser les lames sécher à l'air avant l'observation au microscope.



Figure 23. Étapes de coloration des frottis (Photo personnelle, 2025)

➤ Le frottis préparé a été immergé par une goutte d’huile à immersion et examiné au microscope optique à grossissement 100 x.

5.3. Étude statistique

Les données relatives aux différents paramètres hématologiques ont été collectées et enregistrées dans un classeur Microsoft Excel. L’analyse statistique des résultats de l’hémogramme a été effectuée à l’aide du logiciel IBM SPSS © 27. En revanche, les résultats des frottis sanguins ont été analysés de manière descriptive, à travers le calcul des fréquences et des pourcentages des différents types d’anomalies observées.

RESULTS
ET
DISCUSSION

Chez les bovins, de nombreux facteurs peuvent influencer les paramètres hématologiques. Parmi les principaux, on retrouve l'âge (George *et al.*, 2008), le sexe (Sripad *et al.*, 2014), la race (Kramer, 2000), l'altitude (Wood et Quiroz-Rocha, 2010), la gestation (Roy *et al.*, 2010), la lactation (Kumar et Pachauri, 2000 ; George *et al.*, 2008), ainsi que la saison (Lateef *et al.*, 2014).

Pour ces raisons, et dans le but d'interpréter de manière rigoureuse les variations éventuelles de ces paramètres sanguins, notre approche méthodologique a consisté à présenter et discuter les résultats en deux volets:

- ✓ **Le premier volet** porte sur les résultats de l'hémogramme, montrant que les valeurs des paramètres quantitatifs (GR, Ht, Hb, VGM, CCMH, et TCMH) se situent dans les plages de référence, indiquant un équilibre hématologique.

- ✓ **Le second volet** est consacré à l'analyse des frottis sanguins, permettant de détecter d'éventuelles anomalies cytologiques et d'évaluer leur éventuelle corrélation avec l'âge et la parité.

I. RESULTATS

1. Résultats de l'hémogramme

Tableau 8. Résultat de l'hémogramme (la lignée érythrocytaire) des cas étudiés

Hémogramme (La lignée érythrocyte)	N	Moyenne et écart type	Intervalle de référence
GRx10 ⁶ /mm ³	43	7,11±1,04	[5- 10] ^a , [7,6] ^b , [5,82±0,91] ^c
Hb (g/dl)	43	10,70±1,19	[8- 15] ^{ad} , [9,34±1,28] ^c
Ht (%)	43	34,20±4,42	[24- 46] ^{ad} , [26,73±3,93] ^c
VGM (fL)	43	47,93±6,27	[40-80] ^a , [46,25±4,23] ^c
TCMH (pg)	43	14,75±2,79	[11- 17] ^a , [16,17±1,48] ^c
CCMH (g/dl)	43	31,48±1,06	[30- 36] ^a , [35,03±1,59] ^c

a: Kahn *et al.*, 2010, b: Cordonnier *et al.*, 2001, c: Harich, 2021, d: Smith, 1996

Les données complètes de l'hémogramme des 43 vaches étudiées sont regroupées dans le tableau ci-dessus.

Dans la présente étude, les résultats enregistrés indiquent que la valeur moyenne des hématies est de 7,11±1,04x 10⁶/mm³ et que la concentration moyenne d'hémoglobine (Hb) est de 10,70±1,19 g/dl. Alors que, le taux moyen de l'hématocrite (Ht) est de 34,20±4,42 %.

En ce qui concerne les indices érythrocytaires de Wintrobe, le tableau indique que la valeur moyenne du volume globulaire moyen (VGM) est de 47,93±6,27 fL et que le taux corpusculaire moyen en hémoglobine (TCMH) est de 14,75±2,79 pg.

Quant à la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (CCMH), elle s'élève à 31,48±1,06 g/dl.

2. Résultats des examens cytologique sur frottis sanguins

2.1. Anomalies cytologiques de la lignée érythrocytaire chez les cas étudiés

Le tableau ci-dessous présente la répartition des vaches étudiées en fonction de la présence ou de l'absence d'anomalies érythrocytaires observées au frottis sanguin. Les résultats permettent d'évaluer la prévalence des anomalies au sein de l'échantillon étudié.

Tableau 9. Répartition des cas étudiés selon la présence ou l'absence d'anomalies érythrocytaires.

	Cytologie normale (Absence des anomalies de la lignée érythrocytaire)	Cytologie anormale (Présence des anomalies de la lignée érythrocytaire)	Total
Nombre de vaches	11	32	43
%	25,58%	74,42%	100%

Ce tableau montre que 74,42 % des vaches présentent une cytologie anormale (Anomalies érythrocytaires), tandis que 25,58 % ont une cytologie normale.

Tableau 10. Associations spécifiques retrouvées de types généraux d'anomalies

Association détectée	N	% sur 32 cas
Anomalies de forme (seul)	14	43,75%
Anomalies de taille (seul)	13	40,62%
Anomalies de taille et présence d'inclusion intra-érythrocytes	1	3,13%
Anomalies de taille et de forme	3	9,37%
Anomalies de taille, de forme et de coloration	1	3,13%
Total	32	100%

Les résultats révèlent que les anomalies les plus fréquentes sont celles observées de manière isolée, c'est-à-dire non associées à d'autres types d'anomalies. En particulier, les anomalies de forme et celles de taille, lorsqu'elles sont présentes seules, représentent

respectivement 43,75 % et 40,62 % des cas étudiés. À l'inverse, les anomalies combinées, telles que l'association entre anomalies de taille et de forme ou entre anomalies de taille et inclusions intra-érythrocytaires, sont nettement moins fréquentes.

Il convient de noter que la présence d'inclusions intra-érythrocytaires, qu'elle soit isolée ou associée, reste rare. Ces résultats suggèrent une nette prédominance des anomalies simples par rapport aux formes combinées.

Tableau 11. Fréquence individuelle de types généraux d'anomalies (seuls ou en association)

Type d'anomalie détecté	Nombre	%
Anomalies de forme	18	56,25%
Anomalies de taille	18	56,25%
Anomalies de coloration	1	3,13%
Anomalies de présence d'inclusions intra-érythrocytaires	1	3,13%

Le tableau N11, montre que l'analyse des anomalies érythrocytaires observées chez les bovins de cette étude met en évidence une nette prédominance des altérations morphologiques.

Les anomalies de forme et de taille ont chacune été identifiées dans 18 cas, représentant 56,25 % des anomalies répertoriées.

Ces types d'anomalies ont été observés aussi bien de manière isolée qu'en association, en particulier sous la forme d'une combinaison forme/taille, ce qui pourrait indiquer une interaction fréquente entre ces deux types de perturbations érythrocytaires.

En revanche, les anomalies de coloration et la présence d'inclusions intra-érythrocytaires se sont révélées rares, chacune n'ayant été détectée que dans un seul cas (3,13 %).

2.2. Anomalies cytologiques de la lignée érythrocytaire en fonction de l'âge

2.2.1. Prévalence des anomalies des hématies selon l'âge

Tableau 12. Répartition des anomalies érythrocytaires selon l'âge

Âge	N (%) Vaches Sans anomalies	N (%) Vaches Avec anomalies	N (%) Totale
≤3 (N19)	02 (10,53%)	17(89,47%)	19 (100%)
]3-6] (N15)	06(40,00%)	09(60,00%)	15(100%)
>6 (N9)	03(33,33%)	06(66,66%)	09(100%)
Total (N43)	11(25,58%)	32(74,42%)	43(100%)

Les résultats montrent une association apparente entre l'âge des vaches et la fréquence des anomalies érythrocytaires.

Les vaches les plus jeunes (≤ 3 ans) présentent la proportion la plus élevée d'anomalies, avec 89,47% de cas affectés. Cette fréquence diminue avec l'âge, elle atteint 60 % chez les vaches dont l'âge se situe dans l'intervalle]3 – 6] ans et 66,66% chez les vaches de plus de 6 ans.

2.2.2. Fréquence individuelle de types généraux d'anomalies (seuls ou en association) en fonction de l'âge

La graphique suivante montre la distribution des différents types d'anomalies érythrocytaires (forme, taille, coloration et inclusions intra-érythrocytaire) en fonction des groupes d'âge des vaches étudiées.

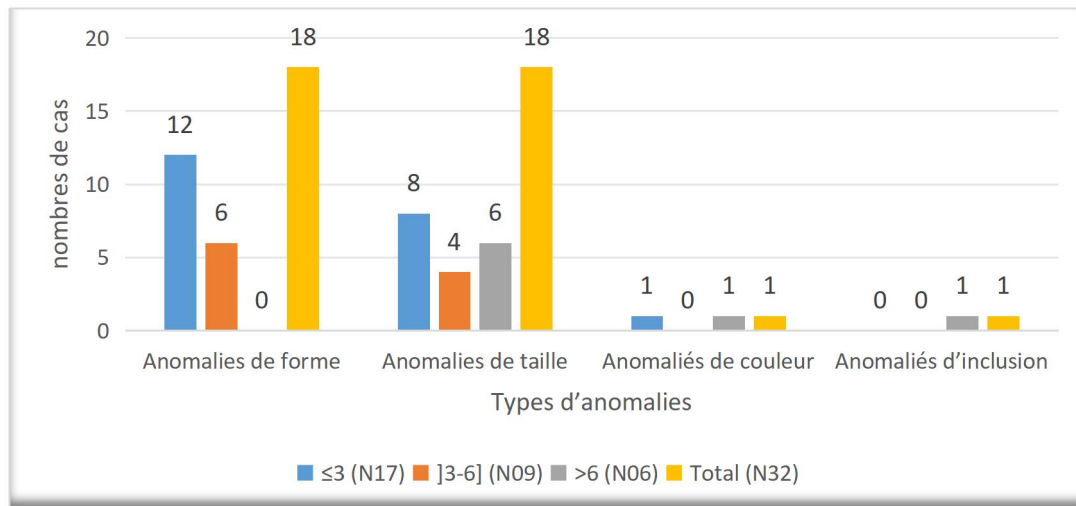


Figure 24. Fréquence individuelle de type d'anomalies (seuls ou en association) en fonction de l'âge

Les anomalies de forme et de taille sont les plus fréquentes chez les jeunes vaches (≤ 3 ans) ainsi que chez celles âgées de plus de 3 ans et de moins de 6 ans.

En revanche, les anomalies de coloration et les inclusions intra-érythrocytaires sont rares, avec un seul cas observé pour chaque type d'anomalie, uniquement chez certaines vaches plus âgées.

2.2.3. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de forme en fonction de l'âge

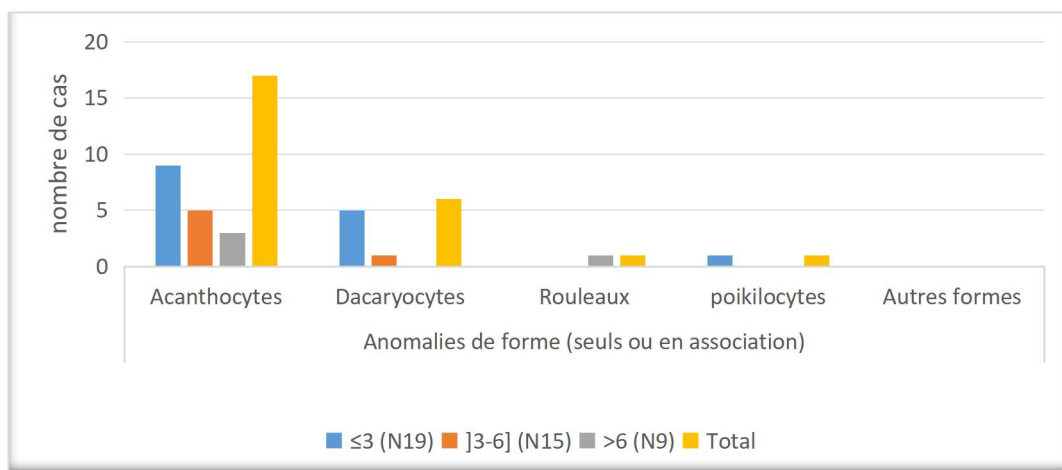


Figure 25. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de forme en fonction de l'âge

La figure 25 montre que les acanthocytes sont les plus fréquemment observés, en particulier chez les bovins âgés de ≤ 3 ans (9 cas), suivis de ceux âgés de $]3-6]$ ans (5 cas), puis de ceux de plus de 6 ans (3 cas).

Alore que, les dacryocytes n'apparaissent que chez les animaux plus jeunes, à savoir ceux âgés de ≤ 3 ans et ceux appartenant à la tranche d'âge $]3-6]$ ans.

Tandis que, la poïkilocytose et la formation de rouleaux sont très rares, chacune observée dans un seul cas. La poïkilocytose a été détectée uniquement chez les bovins les plus âgés (>6 ans), tandis que les hématies en rouleaux ont été observées exclusivement chez les jeunes vaches (≤ 3 ans).

2.2.4. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de taille en fonction de l'âge

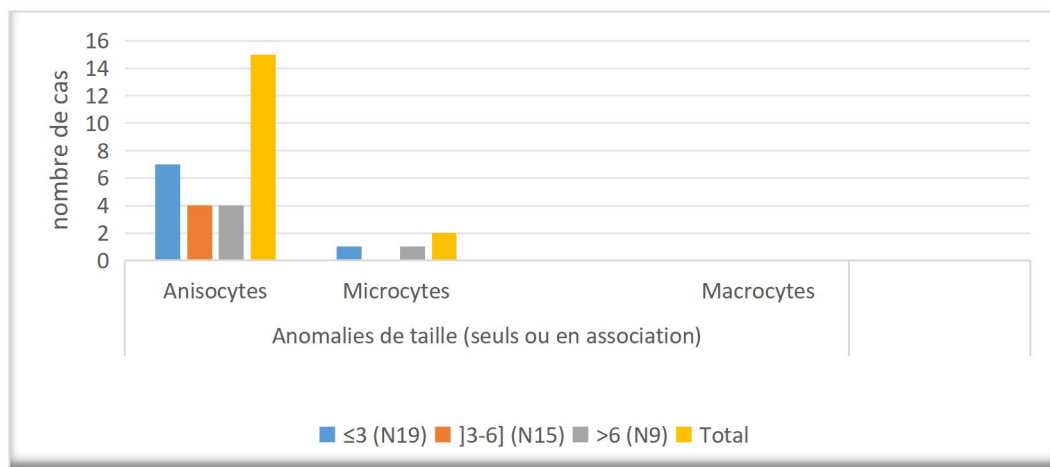


Figure 26. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de taille en fonction de l'âge

D'après la figure 26, l'anisocytose constitue l'anomalie de taille la plus fréquente dans l'ensemble des groupes d'âge, avec une prédominance chez les vaches âgées de ≤ 3 ans. En revanche, la microcytose demeure très rare, avec seulement deux cas observés, répartis entre les groupes des jeunes vaches et des vaches âgées. Aucune macrocytose n'a été observé.

2.2.5. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de coloration en fonction de l'âge

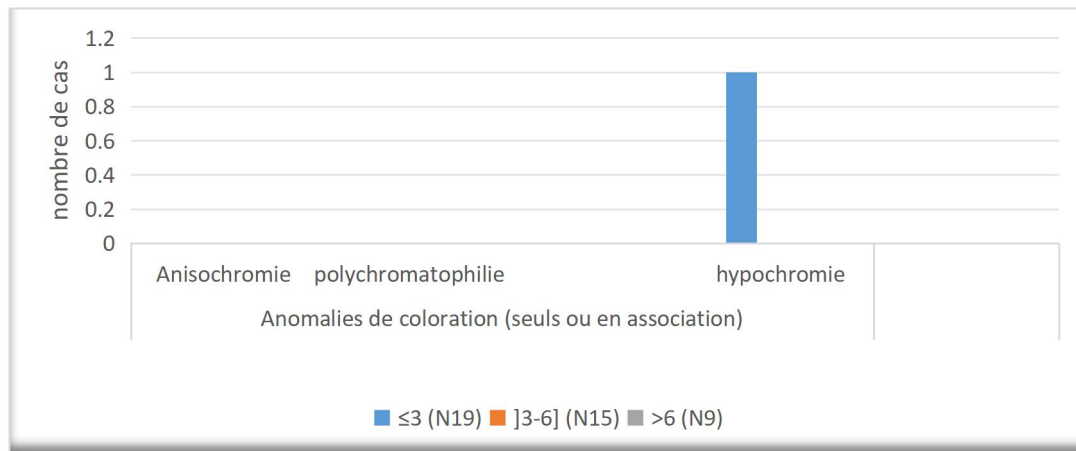


Figure 27. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de coloration en fonction de l'âge

La figure 27 montre qu'une seule anomalie de coloration a été observée chez l'ensemble des vaches étudiées : il s'agit d'un cas d'une hypochromie détectée chez un bovin âgé de ≤ 3 ans.

2.2.6. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies d'inclusions intra-érythrocytaires en fonction de l'âge

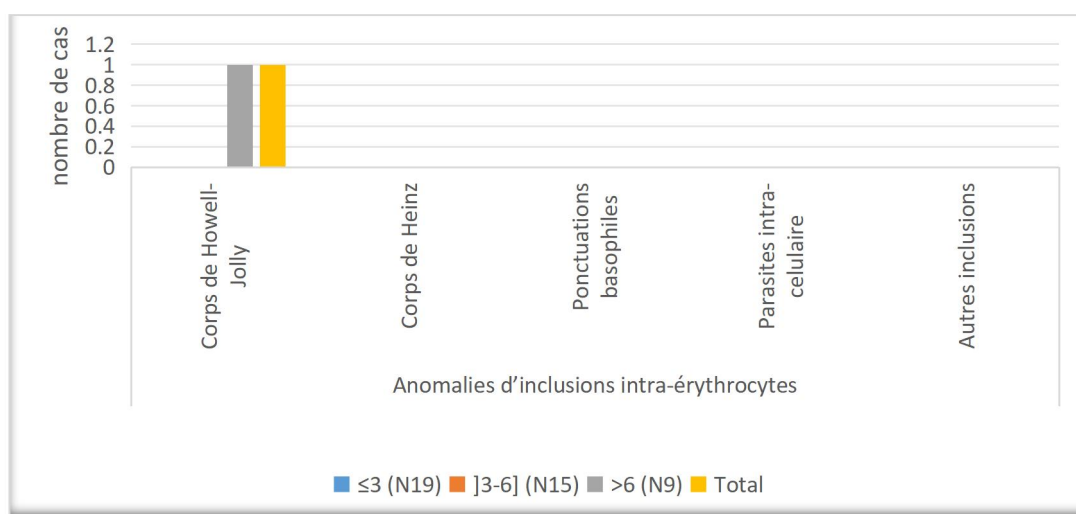


Figure 28. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies d'inclusions intra-érythrocytaires en fonction de l'âge

La figure N°28 montre qu'une seule anomalie d'inclusions intra-érythrocytaires a été observée chez l'ensemble des vaches étudiées : il s'agit de corps de Howell-Jolly détecté chez un bovin âgé de >6 ans.

2.3. Anomalies cytologiques de la lignée érythrocytaire en fonction de la parité

2.3.1. Prévalence des anomalies érythrocytaires selon la parité

Tableau 13. Répartition des anomalies érythrocytaires selon la parité

	N (%) Vaches Sans anomalies	N (%) Vaches Avec anomalies	N (%) Total
Nullipare	2 (11,11%)	16 (88,89%)	18 (100%)
Primipare	0 (0%)	5 (100%)	5 (100%)
Multipare	9 (45%)	11 (55%)	20 (100%)
Total	11 (25,58%)	32 (74,42%)	43 (100%)

Selon nos résultats, une variation notable de la prévalence des anomalies érythrocytaires a été observée en fonction de la parité des vaches. Les vaches primipares présentent une prévalence de 100% d'anomalies, tandis que les nullipares montrent également un taux élevé avec 88,89% de cas affectés. En revanche, les multipares affichent une proportion plus faible, avec 55% de vaches présentant des anomalies érythrocytaires.

2.3.2. Fréquence individuelle de types généraux d'anomalies (seuls ou en association) en fonction de la parité

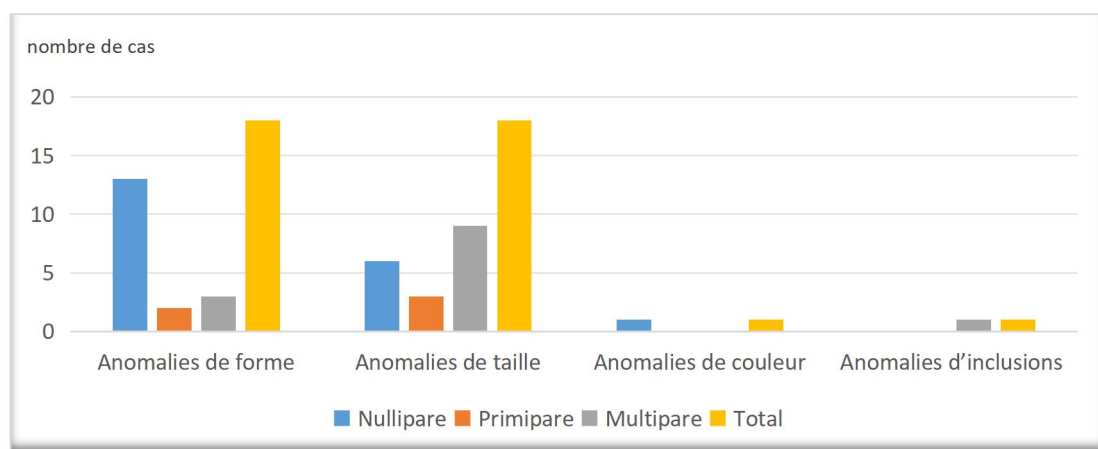


Figure 29. Fréquence individuelle de types généraux d'anomalies (seuls ou en association) en fonction de la parité

Les résultats de la figure précédente montrent que les anomalies de forme sont majoritairement observées chez les nullipares avec 13 cas sur 18, soit 72,2% des anomalies de forme. Les primipares et multipares en présentent respectivement 2 et 3 cas. Cependant, les anomalies de taille sont plus fréquemment détectées chez les multipares (9 cas), suivies des nullipares (6 cas) et des primipares (3 cas).

En revanche, les anomalies de coloration et les inclusions intra-érythrocytaires sont très rares dans l'échantillon étudié, avec un seul cas de chaque type rapporté : l'anomalie de coloration chez une nullipare et l'inclusion intra-érythrocytaire chez une multipare.

2.3.3. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de forme de en fonction de la parité

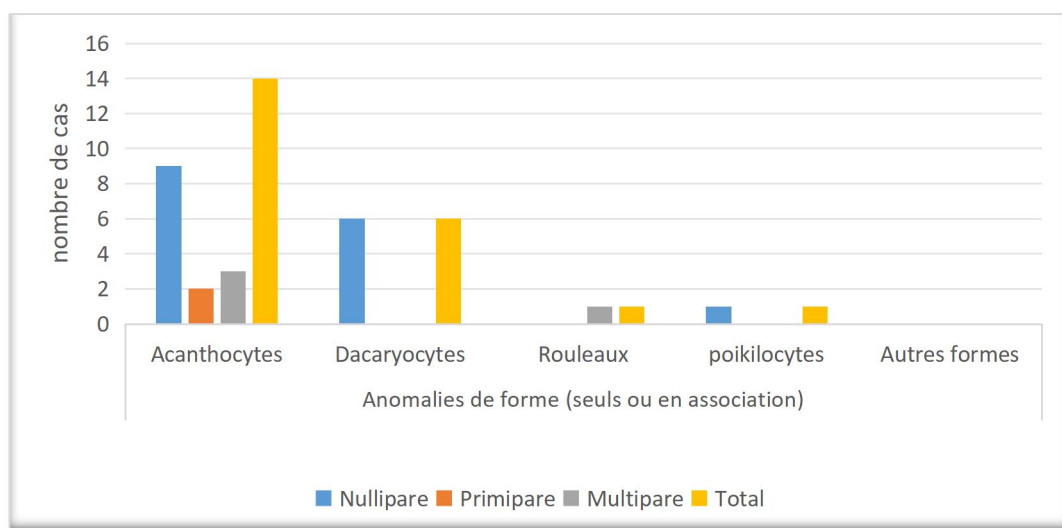


Figure 30. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de forme en fonction de la parité

D'après l'histogramme de la figure N°30, nos résultats montrent que les nullipares présentent le plus grand nombre d'anomalies, notamment des acanthocytes (9 cas) et des dacryocytes (6 cas) plus le seul cas de poikilocyte. Les multipares présentent quelques cas d'acanthocytes (3 cas) ainsi qu'un seul cas de formation en rouleaux. Les primipares, quant à elles, présentent très peu d'anomalies, avec seulement deux cas d'acanthocytes.

2.3.4. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de taille en fonction de la parité

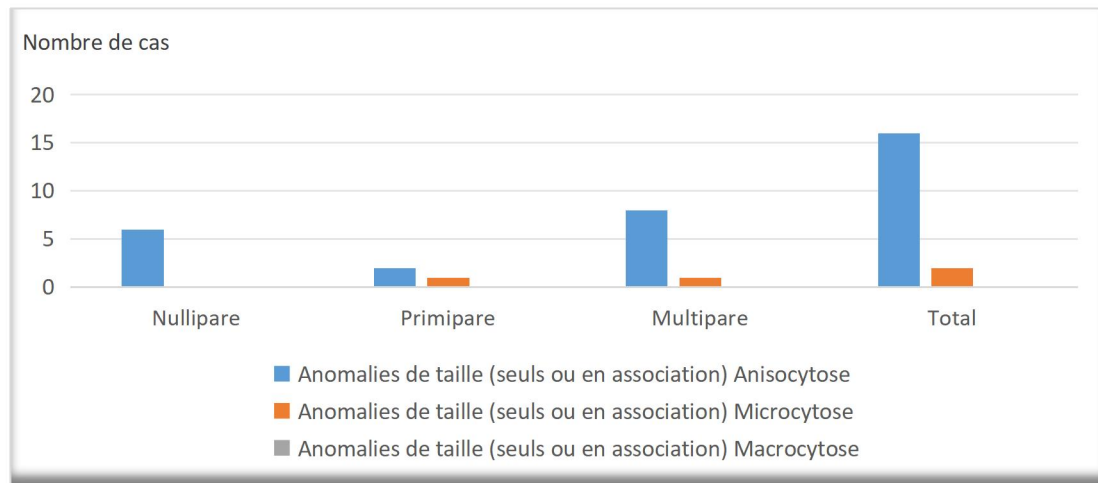


Figure 31. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de taille en fonction de la parité.

Nos résultats montrent que, les vaches multipares sont les plus touchées par l'anisocytose (8 cas), indiquant une variation marquée dans la taille des hématies.

2.3.5. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de coloration en fonction de la parité

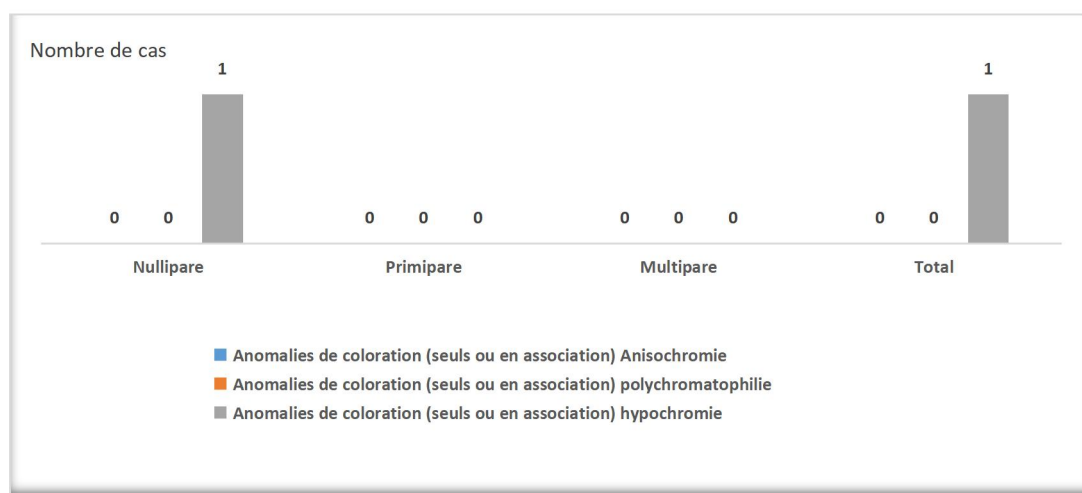


Figure 32. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies de coloration en fonction de la parité

La figure 32 montre qu'un seul cas d'anomalie de coloration a été observé. Il s'agit d'une hypochromie, enregistrée chez une nullipare..

2.3.6. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies d'inclusions intra-érythrocytaires

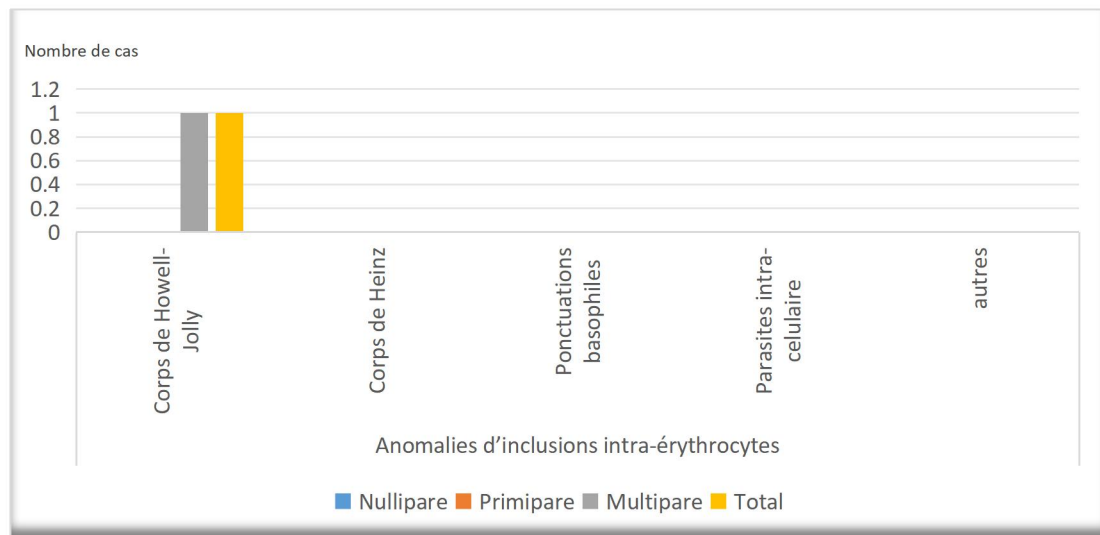


Figure 33. Types spécifiques d'hématies identifiés comme anomalies d'inclusions intra-érythrocytaires en fonction de la parité

Au cours de notre étude, un seul cas d'inclusion intra-érythrocytaire a été mis en évidence. Il s'agit de corps de Howell-Jolly, détectés chez une femme nullipare.

I. DISCUSSION

1. Discussion de l'hémogramme

Les paramètres de la lignée rouge (nombre d'érythrocytes, taux d'hémoglobine, hématocrite, VGM, TGMH, CGMH) constituent des indicateurs essentiels de l'état hématologique et de la santé générale. Chez les bovins, ces paramètres sont influencés par des facteurs physiologiques tels que l'âge et la parité.

Dans la présente étude, les résultats enregistrés indiquent que la valeur moyenne des hématies est de $7,11 \pm 1,04 \times 10^6/\text{mm}^3$. Cette valeur se situe dans l'intervalle de référence établi par Kahn *et al.* (2010), soit $(5 - 10 \times 10^6/\text{mm}^3)$, et elle est proche de la moyenne rapportée par Cordonnier *et al.* (2001), qui est de $7,6 \times 10^6/\text{mm}^3$. Toutefois, cette valeur moyenne demeure supérieure à celle trouvée par Harich (2021), à savoir $5,82 \pm 0,91 \times 10^6/\text{mm}^3$.

Le taux moyen d'hémoglobine (Hb) est de $10,70 \pm 1,19$ g/dl. Cette valeur se situe dans l'intervalle de référence (8 - 15 g/dl) rapporté par Kahn *et al.* (2010) et Smith (1996), et elle est supérieure à la moyenne observée par Harich (2021), qui est de $9,34 \pm 1,28$ g/dl. De même, la valeur moyenne de l'hématocrite (Ht) est de $34,20 \pm 4,42$ %, ce qui reste également dans les limites de référence (24 - 46 %) proposées par Kahn *et al.* (2010) et Smith (1996), bien qu'elle soit supérieure à celle rapportée par Harich (2021), soit $26,73 \pm 3,93$ %.

En ce qui concerne les indices érythrocytaires de Wintrobe, le tableau indique que la valeur moyenne du volume globulaire moyen (VGM) est de $47,93 \pm 6,27$ fL. Cette valeur se situe dans l'intervalle de référence (40-80 fL) défini par Kahn *et al.* (2010), et elle est comparable à celle rapportée par Harich (2021), soit $46,25 \pm 4,23$ fL.

Le taux corpusculaire moyen en hémoglobine est de $14,75 \pm 2,79$ pg, ce qui reste à l'intérieur de l'intervalle de référence (11-17 pg) (Kahn *et al.*, 2010), bien qu'il soit inférieur à la moyenne observée par Harich (2021), qui est de $16,17 \pm 1,48$ pg.

Quant à la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (CCMH), elle s'élève à $31,48 \pm 1,06$ g/dl, se situant dans les limites normales (30-36 g/dl) selon Kahn *et al.*

(2010), mais demeurant inférieure à celle rapportée par Harich (2021), qui est de $35,03 \pm 1,59$ g/dl.

Donc, les résultats obtenus dans le cadre de notre étude indiquent que les vaches examinées présentaient un hémogramme globalement normal, sans anomalies notables des paramètres quantitatifs.

2. Discussion des examens cytologiques sur frottis sanguin

Dans la présente étude, nous avons enregistré 32 frottis sanguins présentant des anomalies cytologiques des hématies, sur un total de 43 cas, soit un taux de 74,42 %, contre 11 frottis sanguins de cytologie normale.

Ces résultats indiquent une prédominance des anomalies morphologiques des hématies chez les sujets étudiés.

Nos observations sont similaires à celles rapportées par Chowdary *et al.* (2018), qui ont identifié 260 frottis sanguins anormaux sur un total de 280, soit une fréquence de 92,85 %.

En revanche, nos résultats divergent de ceux de Rehman *et al.* (2024), qui ont constaté une prédominance de frottis sanguins à cytologie normale (66,7 %) contre seulement 33,1 % de frottis présentant des anomalies cytologiques.

Selon Piane et Trumel (2017), les anomalies morphologiques des hématies chez les bovins ne sont pas dominantes en conditions physiologiques normales. Leur présence est généralement le reflet de troubles pathologiques, de carences nutritionnelles ou de facteurs environnementaux défavorables.

En ce qui concerne les types généraux d'anomalies observés chez les cas étudiés, l'analyse combinée des données issues des tableaux 9 et 10 met en évidence une prédominance marquée des anomalies érythrocytaires de forme et de taille.

Les anomalies observées de manière isolée sont les plus fréquentes: les anomalies de forme seules représentent 43,75 %, et celles de taille seules 40,62 % des cas. Les associations complexes entre différents types d'anomalies (taille + forme, taille + inclusion, taille + forme + coloration) sont, en revanche, nettement moins fréquentes, ne dépassant pas 3 à 9 % des cas.

En termes de fréquence individuelle, les anomalies de forme et de taille ont chacune été recensées dans 18 cas, soit 56,25 % des anomalies observées, qu'elles soient apparues seules ou en combinaison. Cela suggère que ces deux types d'altérations morphologiques sont non seulement les plus courantes, mais aussi souvent associées, ce qui pourrait traduire une interaction physiopathologique entre les perturbations de taille et de forme des érythrocytes.

À l'opposé, les anomalies de coloration et la présence d'inclusions intra-érythrocytaires sont restées exceptionnelles, chacune n'ayant été détectée que dans un seul cas (3,13 %), que ce soit de manière isolée ou en association. Ces résultats soulignent ainsi une nette prévalence des anomalies morphologiques simples (forme ou taille), par rapport aux anomalies complexes ou rares, dans le contexte des conditions observées dans cette étude.

Nos résultats sont similaires à ceux de Rahmen *et al.* (2024) qui ont rapportés que les anomalies de la forme sont prédominants chez les bovins, avec une valeur moyenne de 24.7 ± 0.2 , suivies par les anomalies de taille, dont la valeur moyenne est de 8.4 ± 0.1 .

En revanche, nos résultats sont en désaccord avec ceux rapportés par Cowdary *et al.* (2018), qui ont indiqué que les anomalies de taille étaient les plus fréquentes, suivies par les anomalies de forme.

Toutefois, en ce qui concerne les deux autres types d'anomalies (de coloration et d'inclusions intra-érythrocytaires), nos observations semblent concordantes avec celles de Cowdary *et al.* (2018), puisque ces auteurs n'ont rapporté qu'un seul cas de microcytose et un seul cas de corps de Howell-Jolly sur un total de 260 frottis sanguins présentant une cytologie anormale.

2.1. Discussion des examens cytologiques en fonction de l'âge

En ce qui concerne le facteur âge, l'analyse de la prévalence et de la distribution des anomalies morphologiques des hématies des vaches étudiées révèle plusieurs tendances.

Le Tableau N°11 montre une association apparente entre l'âge et la fréquence des altérations érythrocytaires. Les jeunes vaches (≤ 3 ans) présentent la proportion la plus élevée

de frottis anormaux (89,47 %), suivies par les groupes > 6 ans (66,66 %) et]3–6] ans (60,00 %).

Les données représentées dans la figure 24 confirment la prédominance des anomalies de forme et puis des anomalies de taille dans la majorité des tranches d'âge, avec une fréquence marquée chez les vaches jeunes (≤ 3 ans) et celles de la tranche]3–6] ans.

En revanche, les anomalies de coloration et les inclusions intra-érythrocytaires sont rares, chacune n'ayant été observée que dans un seul cas, principalement chez les vaches plus âgées (> 6 ans).

Nos résultats sont similaires à ceux de Rehman *et al.* (2024), qui ont rapporté que les anomalies de forme, suivies par celles de taille, étaient les plus fréquentes chez les jeunes bovins comparativement aux bovins adultes.

Cette répartition suggère que les jeunes bovins seraient particulièrement sensibles aux perturbations érythrocytaires, possiblement en lien avec leur état physiologique ou immunitaire.

Nos observations sont soutenues par plusieurs études, notamment celle de Mohri *et al.* (2007) qui a rapporté que les jeunes bovins ont souvent une érythropoïèse moins stable, ce qui peut entraîner des fluctuations dans le volume globulaire moyen (VGM) et une moindre efficacité de l'hématopoïèse. Par ailleurs, Golbeck *et al.* (2019) explique que la maturation du système hématopoïétique chez les jeunes animaux n'est pas encore complètement stabilisée, ce qui rend le profil érythrocytaire plus variable.

L'analyse des anomalies spécifiques de forme (figure 25) révèle que les acanthocytes sont les plus fréquemment rencontrés, en particulier chez les vaches les plus jeunes. Les dacryocytes apparaissent également dans les deux premières tranches d'âge, tandis que les poikilocytoses et les formations en rouleaux sont exceptionnellement rares. Cette répartition semble indiquer que certaines anomalies de forme sont liées à des facteurs d'âge ou de développement physiologique.

Nos résultats sont en désaccord avec ceux rapportés par Rehman *et al.* (2024) ainsi que par Cowdary *et al.* (2018).

Rehman *et al.* (2024) ont indiqué que les stomatocytes sont les anomalies spécifiques les plus fréquemment rencontrées, suivis par les échinocytes, notamment chez les jeunes vaches (≤ 3 ans). En revanche, Cowdary *et al.* (2018) ont rapporté que les poïkilocytoses constituent les anomalies spécifiques les plus fréquentes chez les bovins.

Pour ce qui est des anomalies spécifiques de taille (figure 26), l'anisocytose, observée dans tous les groupes d'âge, prédomine nettement, en particulier chez les jeunes vaches. La microcytose a été relevée dans deux cas, répartis entre les groupes extrêmes d'âge (≤ 3 ans et > 6 ans). En revanche, aucune macrocytose n'a été enregistrée dans cette étude, ce qui suggère une faible prévalence de cette anomalie.

Concernant les anomalies de coloration (figure 27), une seule hypochromie a été détectée, chez une vache âgée de ≤ 3 ans, soulignant la rareté de ce type de trouble dans l'échantillon étudié. Par ailleurs, la figure 28 révèle la présence d'une unique inclusion intra-érythrocytaire, identifiée comme un corps de Howell-Jolly, chez un bovin de plus de 6 ans. Cette observation isolée confirme également le caractère peu fréquent de ce type d'anomalie dans la population analysée.

Nos résultats sont en accord avec ceux rapportés par Rehman *et al.* (2024) qui ont enregistré une valeur moyenne de 9.2 ± 0.01 chez les jeunes vaches et une valeur moyenne de 7.8 ± 0.01 chez les vaches adultes.

En effet, la prédominance des anomalies de forme et de taille chez les jeunes bovins peut s'expliquer par leur sensibilité accrue aux déséquilibres nutritionnels, aux carences en fer, ainsi qu'au stress physiologique lié à la croissance. Selon Weiss et Wardrop (2010), les jeunes bovins sont souvent plus exposés au stress oxydatif ou à des infestations parasitaires subcliniques, susceptibles de perturber la production des érythrocytes. Par ailleurs, l'occurrence d'anisocytose à cet âge pourrait également refléter une activité régénérative accrue de la moelle osseuse, ce qui est physiologiquement cohérent avec une phase de croissance rapide.

En revanche, les bovins plus âgés (> 6 ans) présentent moins d'anomalies, ce qui pourrait traduire une meilleure stabilité érythrocytaire acquise avec l'âge, à condition que leur état nutritionnel et sanitaire soit satisfaisant.

2.2. Discussion des examens cytologiques en fonction de la parité

La parité, en tant que reflet de l'expérience reproductive, semble également impacter le profil érythrocytaire.

À notre connaissance, aucune étude antérieure n'a été menée pour évaluer la prévalence des différents types d'anomalies morphologiques des hématies en fonction de la parité. En l'absence de données comparatives dans la littérature, la discussion de cette section repose principalement sur des suggestions et des propositions d'hypothèses, plutôt que sur une analyse comparative avec des travaux antérieurs.

Dans la présente étude, l'analyse des anomalies érythrocytaires en fonction de la parité des vaches révèle une influence de ce facteur sur la prévalence et la nature des altérations morphologiques des hématies. Le tableau 12 met en évidence une forte prévalence d'anomalies chez les vaches primipares (100%), alors que les multipares affichent une proportion relativement plus faible (55%).

Cette différence pourrait être attribuée à l'effet combiné du stress physiologique de la gestation et des ajustements métaboliques successifs. Selon Piccione et *al.* (2010), la gestation répétée induit une adaptation métabolique et hématologique progressive qui stabilise les constantes sanguines.

L'analyse des types généraux d'anomalies, présentée dans la figure 29, montre que, les anomalies de forme sont particulièrement prédominantes chez les nullipares, représentant 72,2% des cas observés dans ce groupe (13 cas sur 18 cas). Les primipares et les multipares en présentent respectivement 2 et 3 cas. Une étude de Mohri et *al.* (2008) souligne que les génisses peuvent présenter un profil hématologique plus instable, en raison de leur statut immunologique encore en développement.

En revanche, les anomalies de taille sont surtout fréquentes chez les multipares (9 cas), suivies par les nullipares (6 cas) et les primipares (3 cas). Les anomalies de coloration et les inclusions intra-érythrocytaires restent marginales, avec un seul cas recensé pour chacun: une hypochromie chez une nullipare, et un corps de Howell-Jolly chez une multipare.

Les détails des anomalies de forme sont exposés dans la figure 30. Les nullipares sont les plus touchées, avec une prédominance d'acanthocytes (9 cas) et de dacryocytes (6 cas), accompagnée d'un cas unique de poikilocyte. Les multipares présentent trois cas d'acanthocytes et un cas de formation en rouleaux, tandis que les primipares montrent seulement deux cas d'acanthocytes, confirmant leur moindre exposition à ce type d'anomalie.

Ce type de morphologie (d'acanthocytes) peut refléter des déséquilibres lipidiques de la membrane érythrocytaire ou des lésions hépatiques (Weiss et Wardrop, 2010). La présence de dacryocytes (cellules en forme de larme) suggère des perturbations de la moelle osseuse ou une régénération active, bien que ce soit plus fréquent chez les petits ruminants (Harvey, 2012).

La poikilocytose, bien que rare dans cette étude (1 cas), est un marqueur de stress oxydatif, d'hypoxie chronique ou d'anomalies de production médullaire (Jain, 1993).

Concernant les anomalies de taille, la figure 31 indique que l'anisocytose est largement plus fréquente chez les multipares (8 cas), traduisant une hétérogénéité marquée dans la taille des érythrocytes. Cela pourrait refléter des déséquilibres dans l'érythropoïèse ou une réponse adaptative à des stress métaboliques cumulatifs avec les gestations successives (Mohri et *al.*, 2007).

Ceci pourrait être aussi lié à des épisodes répétés de stress métabolique en post-partum, souvent associés à des modifications de la fonction médullaire ou splénique, comme l'indiquent González et *al.* (2000) dans leurs travaux sur les vaches laitières en lactation avancée.

Selon Weiss (2009), la présence des anisocytose indique souvent une réponse régénérative, comme dans les cas d'anémie. Alors que, Latimer (2011) rapporte que la présence de microcytose est possiblement associée à une carence martiale ou à une anémie inflammatoire chronique.

Les anomalies de coloration, illustrées dans la figure 32, sont très peu fréquentes, avec un seul cas d'hypochromie noté chez une nullipare. Cette rareté peut indiquer que les troubles liés à la teneur en hémoglobine sont peu fréquents ou transitoires dans la population étudiée. Car, l'hypochromie reflète une diminution du contenu en hémoglobine, souvent associée à une carence en fer ou à une anémie ferriprive (Smith, 2012).

Enfin, la figure 33 rapporte un seul cas d'inclusion intra-érythrocytaire, caractérisé par la présence d'un corps de Howell-Jolly, détecté chez une nullipare. Ce type d'anomalie, bien que rare, témoigne d'un dysfonctionnement de la rate ou d'un renouvellement rapide des cellules érythrocytaires, ce qui mérite une attention particulière, notamment chez les animaux jeunes ou en développement.

CONCLUSION

CONCLUSION

L'analyse des données hématologiques et cytologiques réalisée dans le cadre de cette étude a permis de mettre en évidence l'influence de l'âge et de la parité sur la prévalence et la nature des anomalies morphologiques des hématies chez les bovins. Les paramètres quantitatifs de la lignée rouge (nombre d'érythrocytes, taux d'hémoglobine, hématocrite, indices érythrocytaires) se sont révélés globalement conformes aux valeurs de référence rapportées dans la littérature, traduisant un état hématologique normal chez les sujets examinés.

Cependant, l'analyse cytologique des frottis sanguins a révélé une fréquence élevée d'anomalies morphologiques des hématies (74,42 %), avec une nette prédominance des anomalies de forme et de taille, souvent observées de manière isolée. Les anomalies complexes (forme + taille + inclusions ou coloration) sont restées rares. Ces résultats soulignent l'importance de l'examen morphologique des hématies comme indicateur sensible d'altérations sous-jacentes, même en l'absence de perturbations quantitatives majeures.

L'influence de l'âge s'est particulièrement manifestée par une plus grande fréquence des anomalies chez les jeunes vaches (≤ 3 ans), notamment les acanthocytes et l'anisocytose, suggérant une instabilité érythropoïétique liée à l'immaturité physiologique. À l'inverse, les bovins plus âgés ont montré un profil cytologique plus stable, traduisant une adaptation hématologique progressive avec l'âge.

Concernant la parité, bien qu'il n'existe pas de références antérieures directes sur ce paramètre, nos résultats suggèrent une vulnérabilité accrue des nullipares et des primipares, probablement liée aux exigences métaboliques de la croissance ou de la première gestation. Les multipares semblent bénéficier d'une adaptation progressive conférant une meilleure stabilité érythrocytaire.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Abdelguerfi, A. (2003).** Évaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture (Tome IX). Projet ALG/97/G31 FEM/PNUD, Plan d'action et stratégie nationale sur la biodiversité, M.A.T.E, R.A.D.P.
2. **Abdelmadjid, N. O. U. I. (2016).** Étude comparative de trois protocoles de synchronisation des chaleurs chez la vache laitière au niveau de la région de Setif (Thèse de doctorat). Université IBN-KHALDOUN-Tiaret-Institut des Sciences Vétérinaires.
3. **Abdeldjalil, M. C., & Benmakhlouf, A. (2005).** Suivi sanitaire et zootechnique au niveau d'élevage de vaches laitières.
4. **Achir, M. (2009).** Évaluation et modélisation de l'érosion hydrique : étude comparative entre la région céréalière de Rahouia et la région steppique de Faïdja - Wilaya de Tiaret (Mémoire de Magister, Option Agropastoralisme et désertification).
5. **Adeneye, A. A., Ajagbonna, O. P., Adeleke, T. I., & Bello, S. O. (2006).** Preliminary toxicity and phytochemical studies of the stem bark aqueous extract of *Musanga cecropioides* in rats. *Journal of ethnopharmacology*, 105(3), 374-379.
6. **Adili, N. (2007).** Étude morphométrique des globules rouges des ruminants domestiques (Thèse de magister). Université El-Hadj Lakhdar de Batna, Département vétérinaire.
7. **Albusadah, K. (2004).** Blood and its function in camel. *Science and Technology*, 70, 24–28.
8. **Ali, A., & Rebia, R. (2008).** Étude des performances de reproduction chez les vaches laitières dans la région de Sétif (Mémoire de fin d'études, Université Ferhat Abbas Sétif, Institut des Sciences Vétérinaires).
9. **Alsalamy, M. T., & Filippich, L. J. (1999).** Haematology of foetal sheep. *Australian Veterinary Journal*, 77(9), 588–594.
10. **Amellal, S. (1995).** Les systèmes de production bovine en Algérie. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA).
11. **Audouard, C. (2024).** Hématologie en médecine bovine: analyse rétrospective des données collectées à l'ENVT entre 2007 et 2023.
12. **Azzedine, E. B., & Zouhiri, I. (2019).** Les biotechnologies actuelles dans la reproduction bovine (Doctoral dissertation, université ibn khaldoun TIARET).
13. **Bacha, W. J. J., & Bacha, L. M. (2000).** *Color Atlas of Veterinary Histology* (2nd ed.). Lippincott Williams and Wilkins.

14. **Badinand, F., Bedouet, J., Cosson, J. P., & Hanzen, C. H. (2000).** Lexique des termes de physiologie et pathologie et performances de reproduction chez les bovins. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 144, 289–301.
15. **Bajrić, A., Katica, M., Katica, A., Smajović, A., Sivić, M., Rukavina, D., ... & Delibegović, S. (2020).** Assessment of hematological parameters after laparoscopic appendectomy using conventional procedures on rats. *Veterinaria*, 69(3), 165–173.
16. **Béné, M. C., Fischer, A. M., Labalette, M., & Ugo, V. (2018).** Guide des analyses en hématologie. Elsevier Health Sciences.
17. **Benadda, M., & Bardadi, B. M. (2017).** Principales modifications hémato-biochimique accompagner certains maladies infectieuses chez bovins (Thèse de doctorat). Université Ibn Khaldoun TIARET.
18. **BenAhmed,N.(2016).** *Approche de la vulnérabilité et de l'adaptation au changement climatique à travers la wilaya de Sidi Bel Abbès* [Mémoire de Master 2, Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed]. Oran, Algérie.
19. **Bencherif, A. (2001).** Stratégies des acteurs de la filière lait en Algérie : États des lieux et problématiques. In *Les filières et marchés du lait et dérivés en Méditerranée : État des lieux, problématique et méthodologie pour la recherche* (pp. 25–45). Options Méditerranéennes, Série B, Études et Recherches, n°32.
20. **Benhizia, S. (2016).** Suivi des modifications hormonales et biochimiques chez la vache laitière au cours de la gestation et en post-partum (Mémoire de fin d'études vétérinaires, Université Frères Mentouri, Constantine, Institut des Sciences Vétérinaires).
21. **Bensalem, M. A., & Benhaddou, S. (2015).** Étude bibliographique des mortalités néonatales chez les bovins : impact économique (Doctoral dissertation, Université Ibn Khaldoun).
22. **Bezerra, L. R., et al. (2020).** Hematological profile and its correlation with productive and reproductive parameters in dairy cows. *Livestock Science*, 239.
23. **Bleul, U., Spirig, S., Hässig, M., & Kähn, W. (2006).** Electrolytes in bovine prepartum mammary secretions and their usefulness for predicting parturition. *Journal of Dairy Science*, 89(8), 3059–3065.
24. **Bourret, A. (2022).** Contribution of accelerometers in clinical monitoring of cattle in the hospitals of VetAgro Sup veterinary campus.
25. **Bouazghi, A. (2018).** Déclaration du Ministre de l'Agriculture sur la politique agricole nationale. Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche, Algérie.
26. **Boukhari, B. I., & Touil, N. E. H. (2019).** Étude de l'efficacité des méthodes de diagnostic de la gestation chez la vache : Étude bibliographique (Thèse de doctorat). Université Ibn Khaldoun TIARET.

27. **Bouzebda, F. (2007).** Reproduction des bovins: Aspects physiologiques et pratiques d'élevage. Éditions Office des Publications Universitaires (OPU), Alger.
28. **Bounous, D. I., & Stedman, N. L. (2000).** Normal avian hematology: chicken and turkey. In Schalm's Veterinary Hematology, 1147–1154.
29. **Boughoufala, H. E., & Boucetta, K. (2015).** Étude des paramètres hémato-biochimiques chez les ovins lors de certaines lésions à l'abattoir de Tiaret (Doctoral dissertation, Université Ibn Khaldoun Tiaret).
30. **Brooks, M. B., Harr, K. E., Seelig, D. M., Wardrop, J. K., & Weiss, D. J. (2022).** Schalm's Veterinary Hematology (7th ed.). Wiley Blackwell.
31. **Bricteux, F., Desmecht, D., Lekeux, P., & Gustin, P. (2002).** Physiopathologie de la reproduction des ruminants domestiques. Presses agronomiques de Gembloux.
32. **Canfield, P. J. (1998) :** Comparative Cell Morphology in the Peripheral Blood Film From Exotic and Native Animals. Aust. Vet. J, 76 ; 793 – 800.
33. **Carvalho, A. (2013).** Contribution à la caractérisation de l'expression, de la régulation et des rôles biologiques de STAT1 dans l'endomètre bovin au cours de la gestation précoce (Thèse de doctorat). Université Paris Sud-Paris 11.
34. **Chantal, K. (2011).** Les cellules sanguines. Le sang
http://campus.cerimes.fr/semiologie/enseignement/es_emio5/site/html/3_5.html
35. **Chowdary, C. S. R., Chaitanya, Y., Rajesh, K., Krishna, K. S., & Rani, N. L. (2018).** Blood smear examination-A powerful tool for clinical diagnosis. Intas Polivet, 19(2), 284–287.
36. **CN AnGR. (2003).** Rapport national sur les ressources génétiques animales:Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR) Algérie. Commission nationale AnGR, avec l'appui de la FAO.
37. **Coles, E. H. (1986).** Veterinary Clinical Pathology (4th ed.). W.B. Saunders Company.
38. **Cordonnier, N., & Fontaine, J. J. (2001).** Cours d'histologie générale. Hématologie. Polycopié de l'unité d'anatomie pathologique de l'ENVA, 73p.
39. **Dahmani, A. M., & Rahmani, B. (2024).** Identification des souches bactériennes dans le tractus génital chez la vache (Thèse de doctorat). Université Ibn Khaldoun.
40. **Day, M. J (2000) :** Biology of Lymphocytes and Plasma Cells. In : Schalm's Veterinary Hematology, 5th edition. FELDMAN.B.F ; ZINKL.J.G and JAIN.N.C editors. Philadelphia : Lippincott, Williams and Wilkins, U.S.A, 240 – 246
41. **Debré, P., Vieillard, V., & Gonzalez, J. P. (2023).** Chapitre 39. Système immunitaire. In Environnement et santé publique (pp. 1015–1038). Presses de l'EHESP.

42. **Denna Mohammed Lamine, D. S. E. (2021).** Caractéristiques de l'élevage bovin laitier en Algérie.
43. **Diskin, M. G., & Kenny, D. A. (2014).** Optimising reproductive performance of beef cows and replacement heifers. *Animal*, 8(s1), 27–39.
44. **Doxey, D. L. (1977).** Hematology of the ox. In R. K. Archer, L. B. Jeffcott, & H. Lehmann (Eds.), *Comparative Clinical Hematology* (pp. 169–216). Blackwell Scientific Publications.
45. **Drieu, C. (2009).** Hématologie en médecine bovine et application à la réalisation d'une transfusion (Thèse de doctorat vétérinaire).
46. **DSA (2021).** Direction des Services Agricoles de la wilaya de Tiaret.
47. **Eddebbarh, A. (1989).** Systèmes extensifs d'élevage bovin laitier en Méditerranée. In *Le lait dans la région méditerranéenne* (pp. 123–133). Options Méditerranéennes, Série A, Séminaires Méditerranéens, n°6.
48. **Fayard, D. (2023).** Le paysage culturel de l'élevage bovin charolais: des routes productives et commerciales d'une filière à la patrimonialisation de la production bovine dans le berceau de la race charolaise. *Pour*, 245(1), 139–151.
49. **Feghoul, H. H. (2019).** *ETUDE DE L'INFLUENCE DE CERTAINS FACTEURS SUR LA REPRODUCTION DE LA VACHE* (Doctoral dissertation, Université Ibn Khaldoun-Tiaret-).
50. **Feliachi, M. (2003).** Contribution à l'étude des performances de reproduction dans des élevages bovins de la région de Sétif (Mémoire de fin d'études, Université Ferhat Abbas Sétif, Institut Agronomique).
51. **Ganry, F. (2010).** Cours n° 2 : À travers des exemples, les principales sources de matières organiques – 2.2 Valorisation agricole des fumiers. Document pédagogique.
52. **George, J.W.; Lane, V.M. and Snipes, J.N. (2008).** Changes in bovine hematology reference intervals from 1965 to 2001. *Vet Clin Path*, 36: 313.
53. **Gharbi, R., Gouba, S., & Remichi épse Moussaousaid, H. (2020).** Apports et limites du frottis sanguin chez les chats (Doctoral dissertation, École Nationale Supérieure Vétérinaire).
54. **Ghoul, A. (2003).** Étude hématologique de la vache laitière (Mémoire de fin d'études, Université Saad Dahlab, Blida).
55. **Golbeck, L., Cohrs, I., Scheu, T., & Grünberg, W. (2019).** Changes of the erythrocyte phenotype and blood biochemistry in dairy calves during the first ten weeks of age. *PeerJ*.

56. **Gonzalez, F., Sulon, J., Calero, P., Batista, M., Gracia, A., & Beckers, J. F. (2000).** Pregnancy-associated glycoproteins (PAG) detection in milk samples for pregnancy diagnosis in dairy goats. *Theriogenology*, 56(4), 671-676.
57. **Grimard, B., Humblot, P., Ponter, A. A., Chastant, S., Constant, F., & Mialot, J. P. (2003).** Efficacité des traitements de synchronisation des chaleurs chez les bovins. *INRA Productions Animales*, 16, 211–227.
58. **Hadjab, N. (2015).** “Influence de l’état physiologique sur certains paramètres de la biochimie sanguine chez la vache laitière: intérêt du profil biochimique. Mémoire de magister en Pathologie générale des ruminants.” Université de BATNA, 57
59. **Hajjar, O. (2020).** *Optimisation du diagnostic de sphérocytose héréditaire au laboratoire d'hématologie biologique du CHRU de Nancy* (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).
60. **Hallouz, F., Meddi, M., Mahe, G., Karahacane, H., & Ali Rahmani, S. E. (2019).** Tendance des précipitations et évolution des écoulements dans un cadre de changement climatique : bassin versant de l’oued Mina en Algérie. *Revue des sciences de l’eau*, 32(2), 83–114.
61. **Hamouche, N. (2022).** Étude de la santé hématologique chez les bovins en fonction de l’âge et de la parité (Mémoire de Doctorat vétérinaire, Université Ibn Khaldoun, Tiaret).
62. **Hansen, P. J. (2000).** L’importance de la détection des chaleurs chez la vache : applications pratiques. *The Journal of Animal Reproduction*, Lettre d'information d'IMV Technologies, n°01.
63. **Hanzen, C. (2005).** La détection de l’oestrus et ses particularités d’espèces (Chapitre 4). Premier doctorat.
64. **Hariche, Z. (2021).** Caractérisation des paramètres hématologiques chez les ruminants au niveau de la région de Tiaret (Thèse doctorale, Université de Tiaret, 140 pages).
65. **Harvey, J. W. (2012).** *Veterinary Hematology: A Diagnostic Guide and Color Atlas* (1st ed.). Elsevier.
66. **Hemidi, S., & Harrats, A. (2019).** Étude anatomo-physiologique de l’appareil génital de la vache à l’abattoir de Tiaret (Thèse de doctorat).
67. **Herman, N., & Guerlin, M. (2022).** L’hémogramme chez le bovin: méthodologie d’interprétation. *Le Nouveau Praticien Vétérinaire-Élevage & santé*, 14(HS1), 66–74.
68. **Hoolbecq, M. (2015).** Caractéristiques zootechniques et sanitaires de l’élevage d'alpaga (Lama pacos) en France et élaboration d'une base de données hématologiques et biochimiques (Thèse de doctorat). Ecole vétérinaire de Maisons-Alfort.

69. **Inchaisri, C., Hogeveen, H., Vos, P., van der Weijden, G., & Jorritsma, R. (2010).** Effect of milk yield characteristics, breed, and parity on success of the first insemination in Dutch dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93, 5179–5187.
70. **Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). (2013).** Situation de l'élevage bovin en Algérie : état des lieux et perspectives de développement. Alger, Algérie : INRA.
71. **Jain, N. C. (1993).** *Essentials of Veterinary Hematology*. Lea & Febiger.
72. **Jain, N. C. (2000).** *Schalm's Veterinary Hematology* (5th ed.). Philadelphia, USA: Lea & Febiger.
- Janeway, C. A., Travers, P., Walport, M., & Shlomchik, M. J. (2009). *Immunobiology: The immune system in health and disease* (7e éd.). Garland Science.
73. **Jelkman, W. (2004).** Molecular biology of erythropoietin. *Internal Medicine*, 43(8), 649–659. <https://doi.org/10.2169/internalmedicine.43.649>
74. **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.
75. **Jones, M., & Allison, R. (2008).** Differential blood count in young and adult cattle. In *Proceedings des journées européennes, Société Française de Buiatrie*.
76. **Jussiau, R., Papet, A., Rigal, J., & Zanchi, E. (2014).** Amélioration génétique des animaux d'élevage (édition 2013). Educagri éditions.
77. **Kahn, C. M., & Line, S. (2010).** Merck Co: The Merck Veterinary Manual.
78. **Kali, S., Benidir, M., Ait Kaci, K., Belkhiri, B., & Benyoucef, M. T. (2011).** Situation de la filière lait en Algérie : Approche analytique d'amont en aval. *Livestock Research for Rural Development*, 23(5).
79. **Kara, R., & Dahel, I. (2021).** Etude comparative entre les paramètres hématologiques réalisés manuellement et par l'automate chez les ovins et bovins.
80. **Katica, M., & Delibegović, S. (2019).** Laboratorijske životinje: Osnovne Tehnike Eksperimentalnog Rada. 41-62. Dobra Knjiga, Sarajevo.
81. **Katica, M., & Gradasevic, N. (2017).** Hematologic profile of laboratory rats fed with bakery products. *Int J Res-Granthaalayah*, 5(5), 221-231.
82. **Kharzat, R. (2006).** Étude de la reproduction chez les bovins dans la région de Sétif (Mémoire de fin d'études, Université Ferhat Abbas Sétif, Institut des Sciences Vétérinaires).
83. **Kleinbongard, P. (2006).** *Petite hématologie pour la pratique : Évaluation clinique des hémogrammes chez l'homme et chez les animaux domestiques et de compagnie*. Éditions Schattauer.

84. **Kohler, C. (2010).** Les cellules sanguines. Collège universitaire et hospitalier des histologistes, embryologistes cytologistes et cytogénéticiens, 2011.
85. **Kolb.E (1974) :** Physiologie des Animaux Domestiques. Chapitre VII : La Physiologie des Liquides Corporels / Le sang. Vigot Frères Editeurs, France.
86. **Kramer, J.W. (2000).** Normal hematology of cattle, sheep and goats. In: Feldman, B.F.; Zinkl, J.G; Jain, N.C. (Eds.). Schalm's veterinary hematology. 5th ed. Lippincott Williams and Wilkins. Philadelphia. U.S.A. pp. 1075-1084.
87. **Kumar, B. and Pachauri, S.P. (2000).** Haematological profile of crossbred dairy cattle to monitor herd health status at medium elevation in central Himalayas. Res Vet Sci, 69: 141-145.
88. **Lacerte, G., Bryson, A., Loranger, Y., & Bousquet, D. (2003, October).** La détection des chaleurs et le moment de l'insémination. In Symposium sur les bovins laitiers (Vol. 30).
89. **Lainey, E., & Fenneteau, O. (2018).** Les anomalies morphologiques des globules rouges: aspects physiopathologiques et techniques d'identification. Revue Francophone des Laboratoires, 2018(503), 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.rfl.2018.01.00>
90. **Lamali, F. (2023).** Etude statistique des paramètres hématologiques dans le cas des hémoglobinopathies au CHU NEDIR Mohamed (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
91. **Lamote, I., Meyer, E., Duchateau, L., & Burvenich, C. (2004).** Influence of 17 β -estradiol, progesterone, and dexamethasone on diapedesis and viability of bovine blood polymorphonuclear leukocytes. Journal of dairy science, 87(10), 3340-3349.
92. **Lateef, A.; Das, A.; Panchasara, H.H.; Nilufar, H. and Sanap, M.J. (2014).** Seasonal effects on milk yield, erythrocytic and leukocytic indices of Kankrej cattle (*Bos indicus*). Vet World, 7: 472-477.
93. **Latimer, K. S. (Ed.). (2011).** Duncan and Prasse's veterinary laboratory medicine: clinical pathology. John Wiley & Sons.
94. **Leborgne Marie-Christine, Jean-Michel Tanguy, Jean-Marc Foisseau, Isabelle Selin, Gilles Vergonzanne, Emilie Wimmer (2013).** reproduction des animaux d'élevage . troisième édition. p13.
95. **Makhlouf, M. (2015).** Étude des paramètres reproductifs chez les bovins dans la région de Tiaret (Mémoire de fin d'études, Université Ibn Khaldoun, Tiaret).
96. **MECHRI, K. (2024).** *Maitrise des techniques de laboratoire et intérêt du diagnostic paraclinique en médecine vétérinaire* [Mémoire de fin d'études, Docteur vétérinaire]. Université Ibn Khaldoun, Tiaret, Institut des sciences vétérinaires.

- 97. Mekroud, M., Ouchene-Khelifi, N. A., Titi, A., Arzour-Lakehal, N., Ouchene, N., & Mekroud, A. (2022).** Hematological and ionic parameters in Holstein dairy cows according to the different physiological stage: first report in Algeria.
- 98. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR). (2018)** Rapport national sur l'élevage bovin en Algérie. Alger.
- 99. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR). (2019).** Rapport national sur l'élevage bovin en Algérie. Alger.
- 100. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR). (2021).** Évolution du cheptel bovin en Algérie entre 2016 et 2021.
- 101. Mirzadeh, K. H., Tabatabaei, S., Bojarpour, M., & Mamoei, M. (2010).** Comparative study on hematological parameters of pregnant and non- pregnant Holstein dairy cows. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(2), 250–252.
- 102. Mogharbi, A., & Zerouki, H. (2017).** * les anomalies des cellules du sang chez le chien (Doctoral dissertation, université ibn khaldoun TIARET).
- 103. 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*, 83(1), 30–39.
- 104. Mouffek, A. (2007).** Contribution à l'étude de la conduite de l'élevage bovin dans la région de Tiaret (Mémoire de fin d'études, Université Ibn Khaldoun, Institut des Sciences Vétérinaires).
- 105. Moussa Garba, M. (2016).** Application de l'échographie à l'étude de la dynamique folliculaire lors de l'œstrus induit chez la vache Azawak au Niger (Thèse de doctorat, Université Abdou Moumouni de Niamey).
- 106. M'hamedi, K., & Boulgheb, A. (2022).** Etude bibliographique sur l'hémogramme normal et pathologique (Doctoral dissertation, UNIVERSITE AHMED DRAIA-ADRAR).
- 107. Nedjraoui, D. (2001).** La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. Ministère de l'Agriculture, Algérie – Direction de la protection des végétaux et des contrôles techniques.
- 108. Okouyi M'foumou W'otari, M., Kamga Waladjo, A., Diarra, S., & Hanzen, C. (2014).** Caractéristiques de reproduction de la femelle trypanotolérante de race N'Dama. *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales*, 12(1).
- 109. Petterino, C., Martini, M., & Castagnaro, M. (2001).** Stat3 expression in canine mammary gland tumors and mammary gland hyperplasia. *European Journal of Veterinary Pathology*, 7(3), 117-122.

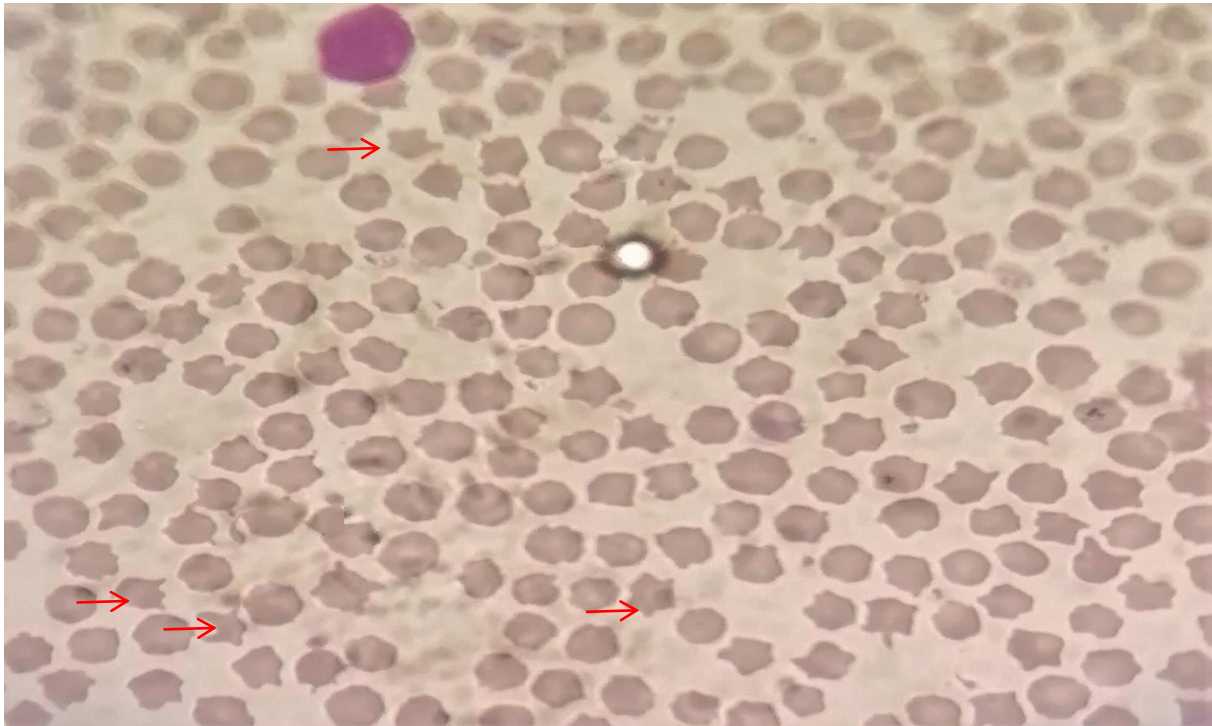
- 110.Piane, L., & Trumel, C. (2017).** Les anomalies des hématies. Le Point vétérinaire (Éd. Expert canin), 48(380), 13-19.
- 111.Picaut, C. (2006).** CHEZ LE CHIEN: EFFET FROTTIS ET EFFET OBSERVATEUR (Doctoral dissertation, Université Paul-Sabatier).
- 112.Piccione, G., Caola, G., & Refinetti, R. (2010).** Daily rhythmicity of lymphocyte subpopulations in cattle. BMC Veterinary Research, 6, 14.
- 113.Polton, G. (2013).** Veterinary Hematology: A Diagnostic Guide and Color Atlas-by John W. Harvey.
- 114.Ponce, F., Magnol, J. P., Marchal, T., Chabanne, L., Ledieu, D., Bonnefont, C., & Fournel-Fleury, C. (2003).** High-grade canine T-cell lymphoma/leukemia with plasmacytoid morphology: a clinical pathological study of nine cases. Journal of veterinary diagnostic investigation, 15(4), 330-337.
- 115.Rahal, M., Benakhla, A., & Aggad, H. (2017).** Étude de la prévalence des troubles de la reproduction chez les bovins dans l'ouest algérien (Mémoire de fin d'études, Université Ibn Khaldoun, Tiaret).
- 116.Rehman, Z. U., Farooq, U., Lashari, M. H., Idris, M., Asif, M., Hameed, R., & Chaudhary, M. (2024).** Dynamics of Physiological Poikilocytosis and Anisocytosis in Cholistani Cattle Blood. Tropical Animal Science Journal, 47(4), 493-502.
- 117.Reines. B.P (2000) :** Ontogeny of the Hemopoietic System. In : Schalm's Veterinary Hematology, 5th edition. FELDMAN.B.F ; ZINKL.J.G and JAIN.N.C editors. Philadelphia :Lippincott, Williams and Wilkins, U.S.A, 79 – 85.
- 118.Rekik, M. R., & Silim, A. (1992).** Comparison of a vaccine strain and field isolates of avian reovirus by T1-oligonucleotide mapping. Avian diseases, 237-246.
- 119.Roche, J. F.,Forde, N., Beltman, M. E., Lonergan, P., Diskin, M., & Crowe, M. A. (2011).** Oestrous cycles in Bos taurus cattle. Animal reproduction science, 124(3–4), 163–169.
- 120.Roland, L., Drillich, M., Klein-Jöbstl, D., Iwersen, M., & Cannizzo, C. (2014).** Hematological and biochemical parameters in neonatal dairy calves: The influence of age and colostrum intake. Veterinary Record, 174(23), 572.
- 121.Roy, S.; Roy, M. and Mishra, S. 2010.** Hematological and biochemical profile during gestation period in Sahiwal cows. Vet World, 3: 26-28.
- 122.Schalm OW, Feldman BF, Zinkl JG, Jain NC.** Schalm's veterinary hematology. 5th ed, 2000. Blackwell scientific editions, 1344p.

- 123.Senoussi, A., Yakhlef, H., & Bouzebda, Z. (2010).** Étude de quelques paramètres biochimiques chez la vache laitière en fonction du stade physiologique. *Revue Méd. Vét.*, 161(4), 169–175.
- 124.Siliart, B., & Nguyen, F. (2007).** Le mémento biologique du vétérinaire. point vétérinaire, France, 36.
- 125.Smith, B. P. (2014).** Large Animal Internal Medicine (5th ed.). Elsevier.
- 126.Smith, S. A., McMichael, M. A., Gilor, S., Galligan, A. J., & Hoh, C. M. (2012).** Correlation of hematocrit, platelet concentration, and plasma coagulation factors with results of thromboelastometry in canine whole blood samples. *American Journal of Veterinary Research*, 73(6), 789-798.
- 127.Soukehal, M. (2013).** Étude des paramètres de reproduction chez la vache laitière en Algérie (Mémoire de fin d'études, Université Ibn Khaldoun, Tiaret).
- 128.Souki, N. (2009).** Étude de la reproduction chez la vache laitière dans la région de Blida (Mémoire de fin d'études, Université Saad Dahlab de Blida, Institut des Sciences Vétérinaires).
- 129.Spahić, E., Katica, M., Jogunčić, A., Katica, A., & Hasić, S. (2020).** Impact of temperature and the length of exposure on morphological characteristics of erythrocytes in antemortem and postmortem analysis-Experimental study on Wistar rats. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 26(6)
- 130.Sripad, K.; Kowali, S. and Metri, R. 2014.** Hematological profile of Khillar breed of cattle in Karnataka. *Vet World*, 7: 311-314.
- 131.Sukhomlinova, I. E., Kirsanova, E. V., & Yeryomina, A. K. (2016).** Physical and chemical properties of the blood. *Physiology of red blood cells*.
- 132.Tablin.F (2000):** Platelet Structure and Function. In : Schalm's Veterinary Hematology, 5th edition. FELDMAN.B.F ; ZINKL.J.G and JAIN.N.C editors. Philadelphia : Lippincott, Williams and Wilkins, U.S.A, 448 – 452.
- 133.Thrall, M. A., Weiser, G., Allison, R. W., & Campbell, T. W. (Eds.). (2022).** Veterinary hematology, clinical chemistry, and cytology. John Wiley & Sons.
- 134.Titler, M., Maquivar, M., Bas, S., Rajala-Schultz, P., Gordon, E., McCullough, K., Federico, P., & Schuenemann, G. (2015).** Prediction of parturition in Holstein dairy cattle using electronic data loggers. *Journal of Dairy Science*, 98(8), 5304–5312.
- 135.Touil, N. E. H., & Boukhari, B. I. (2019).** Méthodes modernes de diagnostic de la gestation chez la vache. Éditions universitaires.

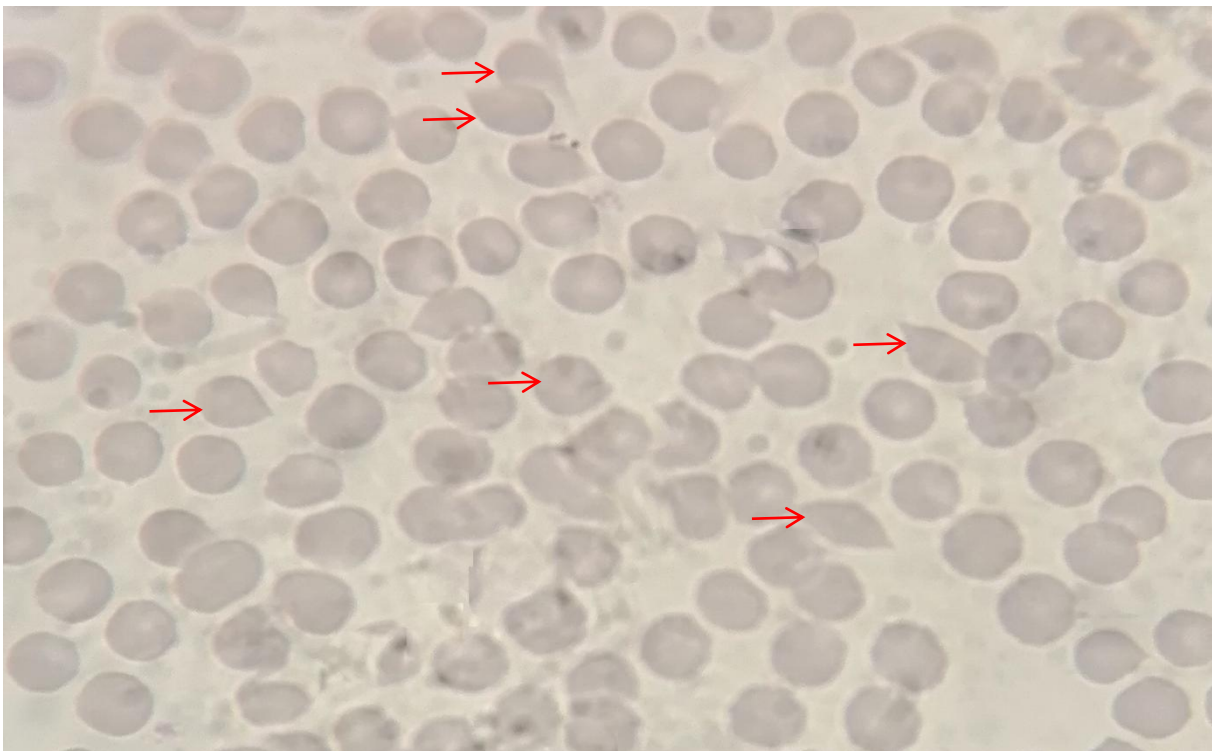
- 136.Tänzer, A. (2019).** Molecular mechanisms of immunometabolic dysfunction in multiple sclerosis.
- 137.Université d'Angers. (2012).** *Morphologie érythrocytaire (partie 3) : anomalies de couleur, de contenu; inclusions.* Hematocell.<http://hematocell.univ-angers.fr/morphologie-erythrocytaire-partie-3.html>
- 138.Utama, I. H., et al. "Differential count and abnormalities of Bali cattle blood cells." (2013):** 462-466.
- 139.Valensi. (2005).** Morphologie des cellules sanguines normales. EMC - Hématologie, Volume 2(Issue 1), 1-13.
- 140.Van Wagendonk-de Leeuw, A. M. (2006).** Ovum pick up and in vitro production in the bovine after use in several generations: a 2005 status. *Theriogenology*, 65(5), 914-925.
- 141.Weill, B., & Batteux, F. (2003).** Immunopathologie et réactions inflammatoires. De Boeck Supérieur.
- 142.Weiss, D. J., & Wardrop, K. J. (Eds.). (2010).** Schalm's Veterinary Hematology (6e éd.). Wiley-Blackwell.
- 143.Wind, M., & Reines, D. (2000).** Transcription elongation factor SII. *Bioessays*, 22(4), 327-336.
- 144.Wood, D. and Quiroz-Rocha, G.F. 2010.** Normal hematology of cattle. In: Weiss, D.J.; Wardrop, K.J. (Eds.). Schalm's veterinary hematology. 6th ed. Wiley-Blackwell Publishing Ltd. Ames Iowa. U.S.A. pp. 829-835.
- 145.Yahimi, A. (2016).** Contribution à l'étude des paramètres de reproduction des bovins laitiers en Algérie (Doctoral dissertation, Université de Tiaret).
- 146.Yakhlef, H., Bouzebda, Z., & Benaissa, M. H. (2002).** Influence de la saison sur les paramètres de reproduction chez la vache laitière. *Revue Médicale Vétérinaire*, 153(2), 125–130.
- 147.Youcef, D. (2020).** Les variations hématologiques chez la vache au cours de la gestation (Doctoral dissertation, université ibn khaldoun-tiaret).
- 148.Zouitina, S., & Dubois-Galopin, F. (2024).** Évaluation du module érythrocytaire du logiciel CellaVision® du DM-1200 pour la détection et la quantification des schizocytes. In *Annales de Biologie Clinique* (Vol. 82, No. 5, pp. 579-588). JLE Editions.

Annexes

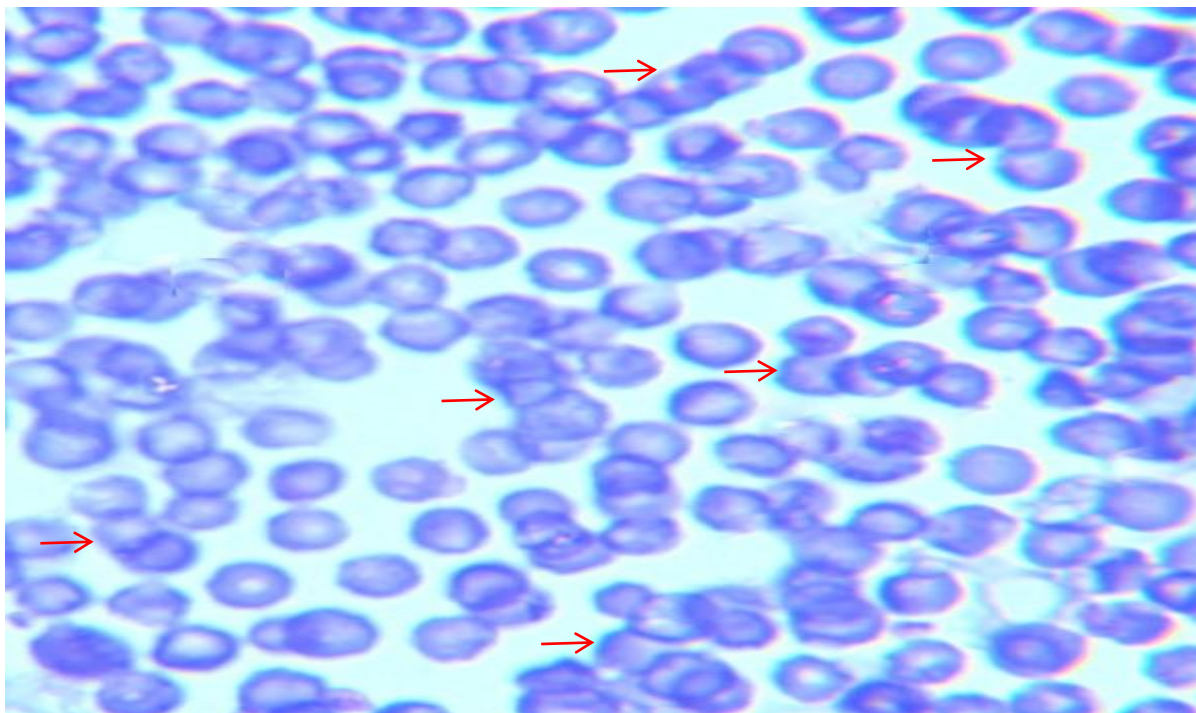
Quelques anomalies détectées sur les frottis sanguins des bovins (G×100)



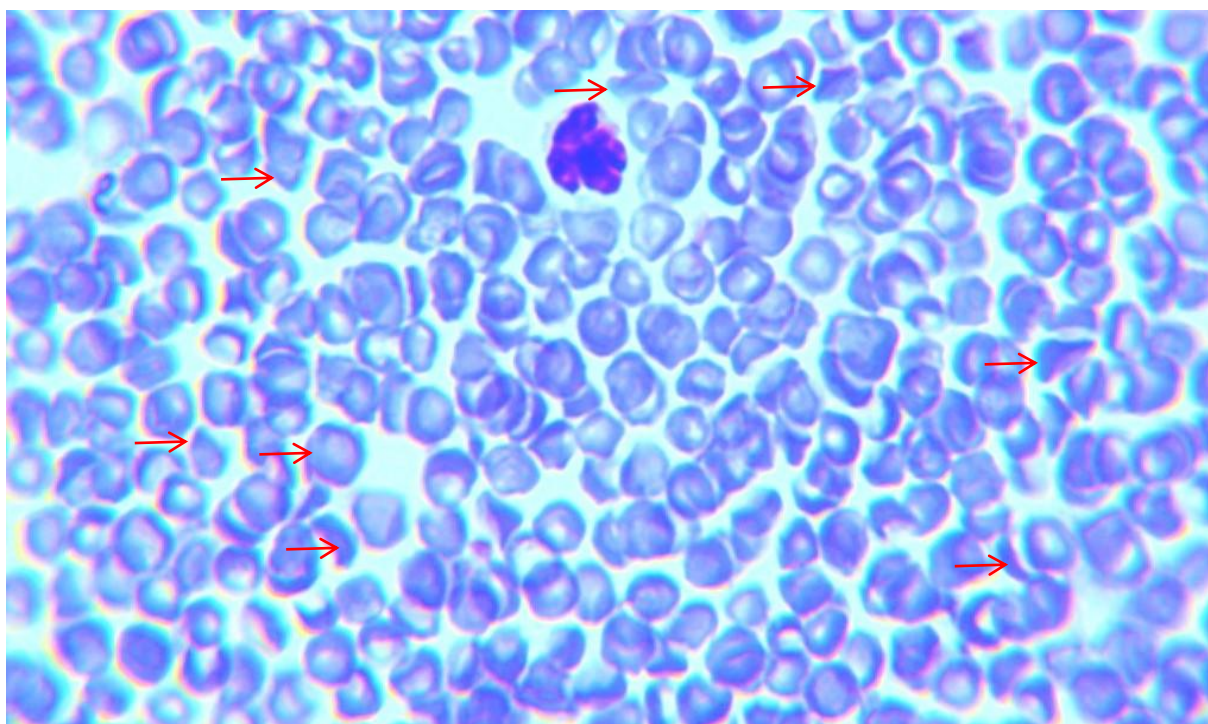
Acanthocytes (Photo personnelle)



Dacaryocytes (Photo personnelle, 2025)



Hématies en rouleaux (Photo personnelle, 2025)



Poïkilocytes (Photo personnelle, 2025)