

Remerciements

Nous remercions Dieu le tout puissant pour nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Ce travail n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement de notre promotrice **Madame Ezzoung R.**, nous la remercions pour toute la patience dont elle a fait preuve tout au long de notre travail, pour ses encouragements et son sourire rassurant.

Nos profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidé à réaliser ce travail.

Merci

Dédicace

A l'éternel, mon Dieu, le tout puissant, de m'avoir accordé force, santé et paix de
l'esprit sans quoi je n'aurai pu achever ce travail ;

A ma mère, l'amour, l'éducation, le dévouement et les prières que vous avez eu à
mon égard m'a amené ici, aucun mot ne pourra suffire pour vous témoigner mon
entière reconnaissance,

A mon père, l'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne
de mon estime et de mon respect, en témoignage je t'offre ce modeste travail pour
te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours encadré,

A l'ensemble de la famille maternelle et paternelle

A ma promotrice qui m'a guidé et éclairé de ses conseils tout au long de ce projet,

A mon meilleur Anis, je suis chanceux de t'avoir comme ami,

A toutes les personnes que j'aime.

Ibrahim

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes parents

Vous n'avez jamais cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, veuillez trouver, dans ce modeste travail, le fruit de vos sacrifices ainsi que l'expression de ma profonde affection et ma vive reconnaissance ; Que Dieu vous préserve et vous accorde santé, longue vie et bonheur.

A mon modèle mon grand frère et à mes sœurs

Je ne peux exprimer à travers ses lignes tous mes sentiments d'amour envers vous, puisse la fraternité nous unir à jamais, j'ai de la chance de vous avoir que Dieu vous donne santé, bonheur et succès.

A mes grands-parents ; que ce travail, soit l'expression de vos vœux que vous n'avez cessé de formuler dans vos prières.

A mon meilleur, Ibrahim mon binôme, celui qui a vécu toutes les aventures avec moi durant ces cinq ans.

A tous ceux qui me sont chers.

Anis

Résumé

Le présent travail résume et synthétise les informations et les recherches en hématologie du lapin domestique (*Oryctolagus cuniculus*), en particulier les paramètres biochimiques et la formule sanguine. Au premier lieu, nous rappelons la définition de l'espèce, les races, l'aspect général et la morphologie du lapin.

Dans le second chapitre, nous détaillons l'appareil circulatoire, le volume sanguin, le débit cardiaque et le débit sanguin ainsi que des données concernant l'hémogramme et les méthodes de prélèvements sanguins. La description des éléments figurés et les valeurs sanguines de référence chez les lagomorphes sont également abordées.

Enfin, nous décrivons les différents facteurs de variations et leur impact sur la formule sanguine comme l'âge, la race, la toxicité, l'alimentation, les tumeurs et les médicaments.

Mots clefs : Lapin, hématologie, toxicité

ملخص

يلخص هذا العمل ويجمع المعلومات والبحوث في علم أمراض الدم للآرناب المنزلية (*Oryctolagus cuniculus*) ولا سيما الإعدادات البيوكيميائية وصيغة الدم. أولاً ، نذكر تعريف النوع والسلالات والمظهر العام وشكل الأرناب. في الفصل الثاني، نقوم بتفصيل نظام الدورة الدموية، حجم الدم، الناتج القلبي وتدفق الدم، بالإضافة إلى بيانات حول طرق أخذ عينات الدم والتحليل. كما تمت مناقشة ووصف العناصر التصويرية وقيم الدم المرجعية. وأخيراً، نصف عوامل الاختلاف وتأثيرها على تعداد الدم مثل العمر، السلالة، التسمم، النظام الغذائي، الأورام والأدوية.

الكلمات المفتاحية: أرناب ، علم أمراض الدم ، التسمم

Abstract

The present work summarizes and synthesizes information and research in hematology of the domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*), in particular biochemical parameters and blood count. In the first place, we recall the definition of the species, the breeds, the general aspect and the morphology of the rabbit.

In the second chapter, we detail the circulatory system, blood volume, cardiac output and blood flow, as well as data concerning the hemogram and blood sampling methods. The description of figurative elements and blood reference values in lagomorphs are also discussed.

Finally, we describe the different factors of variation and their impact on the blood count such as age, race, toxicity, diet, tumours and drugs.

Keywords: Rabbit, hematology, toxicity

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Résumé (français)	
Résumé (arabe)	
Abstract	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	01
<u>Partie bibliographique</u>	
<u>Chapitre I : Le lapin</u>	04
I.1. Définition	05
I.2. Les différentes races	05
I.3. Morphologie du lapin	06
<u>Chapitre II : Le sang</u>	07
II.1. Circulation sanguine et circulation lymphatique	08
II.2. Volume sanguin et débit cardiaque	12
II.3. Débit sanguin	13
II.4. Hémogramme	14
II.4.1. Définition	14
II.4.2. Méthodes de prélèvements sanguins	15
II.4.2.1. Veine jugulaire	15
II.4.2.2. Veine saphène externe	15
II.4.2.3. Veine céphalique	16
II.4.2.4. Veines marginales et artère centrale de l'oreille	16
II.4.2.5. Autres veines	16
II.4.3. Caractéristiques des éléments figurés du sang	16

II.4.3.1. Globules rouges	16
II.4.3.2. Globules blancs ou Leucocytes	17
II.4.3.2.1. Les polynucléaires	17
a. Les hétérophiles	17
b. Les éosinophiles	18
c. Les basophiles	18
II.4.3.2.2. Les mononucléaires	18
a. Les monocytes.....	18
b. Les lymphocytes	19
II.4.3.3. Plaquettes ou Thrombocytes	19
II.4.4. Analyse de sang complète et valeurs de référence de biochimie sanguine	19
Chapitre III : Les facteurs de variations de la FNS	24
III.1. Facteurs de variations des paramètres biochimiques	25
III.1.1. En fonction de l'âge	25
III.1.2. En fonction du sexe	26
III.1.3. En fonction de la race et de l'âge	28
III.1.3.1. La race NMER et NZW	28
III.1.3.2. La population locale en Algérie et la souche synthétique	29
III.2. Toxicité liée à l'administration de certaines substances	30
III.2.1. Hématotoxicité du monoxyde de fer (Fe ₃ O ₄ -NPs)	30
III.2.1.1. Définition	30
III.2.1.2. Variations hématologiques et biochimiques	30
III.2.2. L'effet d'éthanol sur les paramètres hématologiques, biochimiques	31
III.2.2.1. Définition	31
III.2.2.2. La relation entre l'éthanol et les paramètres hématologiques	31
III.2.2.3. La relation entre l'éthanol et les paramètres biochimiques	32
III.3. Régimes alimentaires particuliers	33
III.3.1. L'ingestion d'un fourrage vert tropical	33

III.3.1.1. Définition	33
III.3.1.2. Variations hématologiques	33
III.3.2. Restriction intensive d'une semaine dans l'alimentation d'un lapin en croissance	34
III.3.2.1. Définition	34
III.3.2.2. L'effet d'une semaine de restriction intensive en alimentation sur les paramètres hématologiques et biochimiques sanguins d'un lapin en croissance	34
III.3.3. Réponse hématologique et sérique biochimique des lapins en croissance nourris avec des niveaux gradués de <i>Moringa oleifera</i>	36
III.3.3.1. Définition	36
III.3.3.2. L'effet de <i>Moringa oleifera</i> sur les valeurs hématologiques et biochimiques	36
III.4. Le sang de lapins normaux comme indice de leur résistance à un néoplasme transplantable	37
III.4.1. Définition	37
III.4.2. La relation entre la valeur des cellules sanguines des lapins et la malignité	38
III.5. L'effet de l'exposition à la chaleur sur la chimie sanguine du lapin hyperthermique	39
III.5.1. Définition	39
III.5.2. L'effet de la chaleur sur les valeurs des électrolytes, métabolites et enzymes	40
III.6. Carences en vitamines	41
III.6.1. Carence en vitamine D	41
III.6.1.1 Définition	41
III.6.1.2. Analyse biochimique	41
III.6.1.3. Analyses hématologiques	41
III.6.2. Déficience en acide folique (vit B9) d'origine médicamenteuse chez un mini bélier hydrocéphale	43
III.6.2.1. Définition	43
III.6.2.2. L'effet du lévétiracétam et de triméthoprime-sulfaméthoxazole sur la formule sanguine	43
A1. Paramètres biochimiques	44

B1. Paramètres hématologiques	44
A2. Paramètres biochimiques	46
B2. Paramètres hématologiques	46
III.7. D'autres facteurs de variations	47
Conclusion	48
Références bibliographiques	

Liste des tableaux :

Tableau 01 : Paramètres du fonctionnement cardiaque chez la lapine en fonction du stade de gestation, d'après Bjellin et Carter (1977).	12
Tableau 02 : Débit sanguin (ml par minute) dans les différents organes d'une lapine non gestante ou d'une lapine en fin de gestation (20-30 jours), d'après Nuwayhid (1979)	13
Tableau 03 : Les valeurs sanguines	20
Tableau 04 : Les valeurs des protéines sanguines	21
Tableau 05 : Les valeurs des enzymes	22
Tableau 06 : Les valeurs des électrolytes	22
Tableau 07 : Autres valeurs biochimiques sanguines	23
Tableau 08 : Variations des paramètres biochimiques en fonction de l'âge (Farougou et <i>al.</i> ,2007)	26
Tableau 09 : Variations des paramètres biochimiques chez le lapin en fonction du sexe (Farougou et <i>al.</i> ,2007)	28
Tableau 10 : Effet de la race et de l'âge sur le nombre de leucocytes et la numération différentielle des leucocytes (Abdel-kafy et <i>al.</i> ,2012)	29
Tableau 11 : Paramètres biochimiques de la population locale et souche synthétique (Belabbas et <i>al.</i> ,2019)	29
Tableau 12 : L'effet du monoxyde de fer aux différentes concentrations Sur le nombre globules rouges (1012/L). (Mebarek et Tamrabet.,2016)	30
Tableau 13 : Effet du monoxyde de fer aux différentes concentrations sur la concentration d'hémoglobine (g/dl) (Mebarek et Tamrabet.,2016)	31
Tableau 14 : Effet du monoxyde de fer aux différentes concentrations sur le nombre des globules blancs (Mebarek et Tamrabet.,2016)	31

Tableau 15 : Effet de l'ajout du fourrage (<i>Pueraria phaseoloides</i>) au régime des granulés et de l'âge sur les globules rouges et blancs du lapin. (Kimsé et <i>al.</i> ,2017)	34
Tableau 16 : L'effet d'une restriction alimentaire intensive d'une semaine sur les paramètres biochimiques sanguins des lapins en croissance (Ebeid et <i>al.</i> ,2012)	35
Tableau 17 : L'effet d'une restriction alimentaire intensive d'une semaine sur les paramètres hématologiques des lapins en croissance (Ebeid et <i>al.</i> ,2012).	35
Tableau 18 : Valeurs hématologiques des lapins nourris avec un niveau gradué de farine de feuilles de moringa (Ewuola et <i>al.</i> , 2012)	36
Tableau 19 : Valeurs biochimiques des lapins nourris avec un niveau gradué de farine de feuilles de moringa (Ewuola et <i>al.</i> , 2012)	37
Tableau 20 : Moyennes (\pm SD) des concentrations des constituants du sérum mesurée chez des lapins bédouins normaux et hyperthermiques exposés à 42-44 °C Ta (Marder et al., 1990).	40
Tableau 21 : Paramètres présentant des modifications chez le lapin castré n°3 âgé de 4 ans sans exposition au soleil. Il présente un début de carence en vitamine D avec des signes primaire de maladie osseuse (Van praag., 2014)	42
Tableau 22 : Paramètres biochimiques du premier hémogramme (Van praag., 2015)	44
Tableau 23 : Résultats du premier hémogramme réalisé 3 jours après l'administration de lévétiracétam chez un bélier hydrocéphale souffrant de crises épileptiques partielles (Van praag., 2015)	44
Tableau 24 : Paramètres biochimiques du deuxième hémogramme (Van praag., 2015)	45
Tableau 25 : Résultats du deuxième hémogramme réalisé 54 jours après l'administration de lévétiracétam chez un bélier hydrocéphale souffrant de crises épileptiques partielles (Van praag., 2015)	46

Liste des figures :

Figure 01 : Vue externe de la face gauche du cœur d'après Barone et <i>al.</i> , 1973	08
Figure 02 : Vue externe de la face droite du cœur d'après Barone et <i>al.</i> , 1973	08
Figure 03 : Système veineux "porte" du tube digestif, d'après Barone et <i>al.</i> (1973	09
Figure 04 : Réseaux artériels du tractus digestif, d'après Barone et <i>al.</i> (1973)	10
Figure 05 : Système lymphatique et principaux vaisseaux sanguins de l'abdomen profond, d'après Barone et <i>al.</i> (1973)	11
Figure 06 : Évolution du débit sanguin (ml/mn) pour le placenta du premier fœtus côté ovarien et débit moyen pour l'ensemble des placentas, d'après Bruce et Abdul-Karim (1973).	14
Figure 07 : Le taux des globules rouges des lapins de différents lots. (Saihia., 2014).	32
Figure 08 : Le taux du glucose des lapins de différents lots. (Saihia., 2014).	32
Figure 09 : Le taux du cholestérol des lapins de différents lots. (Saihia., 2014).	33
Figure 10 : La relation entre la cytologie sanguine avant l'inoculation et là l'évolution de la maladie maligne (Albert et <i>al.</i> ,1931).	38

Liste des abréviations :

A/G	Ratio albumine/globuline
AP	Phosphatase acide
ALT	Alanine aminotransférase
ALP	Phosphatase alcaline
AST	Aspartate aminotransférase
ASAT	Aspartate-Amino-Transférase
ALAT	Alanine-Amino-Transférase
AGNE	Acides gras non estérifiés
ALK	Alcaline
Bil T	Bilirubine totale
Bil D	Bilirubine directe
BUN	Azote uréique sérique
CCMH	concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine
CK – CPK	Créatinine phosphokinase
EQM	erreur quadratique Moyenne
FFC	Fédération Française de Cuniculiculture
FNS	Formule numération sanguine
GnRH	Gonadotropin-releasing hormone
GB	Globule blanc
gGT	Gamma-glutamyl transférase
γGT	Gamma-glutamyl transférase
GR	Globule rouge
GOT	glutamique-oxaloacétique transaminase
Glc	Glucose
Ht	hématocrite
Hb	hémoglobine

HDL.....High-density lipoprotein
HCT Hématocrite
HGB..... hémoglobine
LDH déshydrogénase lactique
MCV Volume corpusculaire moyen
MOLM *Moringa oleifera* leaf meal
MCHCconcentration des globules rouges en hémoglobine
NMER Native Middle-Egypt Rabbit
NZW New Zealand White
N\L ratio.....Neutrophile\ Lymphocyte ratio
PCV Hématocrite
PAL phosphatase alcaline sérique
RBC Globules rouges/Erythrocyte
TCMH.....teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine
TGO Transaminase glutamique-oxaloacétique
TGP glutamate pyruvate transaminase
TAGtriacylglycérols
UVB Ultraviolet B
VGM Volume globulaire moyen d'un érythrocyte
Vit A Vitamine A
Vit E Vitamine E
VCM..... Volume cellulaire moyen

Introduction

Le lapin *Oryctolagus cuniculis* est un animal qui présente plusieurs caractéristiques et intérêts. Il est utilisé dans l'alimentation humaine, la recherche biomédicale et biotechnologique et même actuellement il est considéré comme un animal de compagnie. C'est une espèce réputée par sa bonne qualité nutritionnelle (Combes, 2004), sa haute prolificité (5 à 12 lapereaux) et une ovulation provoquée même à un jour post partum (Lebas.,2000). Selon Kohel (1994), une lapine bien entretenue peut produire jusqu'à 45 lapins ou 61Kg de viande par an. Sa haute prolificité permet une intensité de sélection importante, un progrès génétique rapide ainsi que son poids léger rend les manipulations aisées.

Les paramètres physiologiques sanguins des rongeurs domestiques africains ont fait l'objet de très peu d'études (Faragou et *al.*, 2007). Il en découle une absence de données de référence indispensables à l'interprétation des résultats des analyses de laboratoire (Friedlana et *al.*, 1970), (Jones., 1975). Le recours aux valeurs déterminées pour les animaux des pays tempérés et disponibles dans littérature scientifique est de ce fait incontournable (Lepitzji et Woolf., 1991) , (Wolford et *al.*, 1986). Pour les rares travaux réalisés sur les lapins africains, la détermination des paramètres biochimiques n'est qu'un recours pour vérifier l'effet d'une substance sur l'organisme du lapin (Sakande et *al.*, 2003). L'importance de la disponibilité des paramètres fiables, issus des études spécifiques sur les animaux africains, est aussi importante pour élaborer avec efficacité les profils métaboliques et pour conduire les programmes d'amélioration génétique des différentes races de ce lagomorphe (Magat., 1977), (Perrier., 1977).

La filière cunicole Algérienne a connu depuis les années quatre-vingt plusieurs tentatives du développement afin de sortir du mode traditionnel, de type fermier, familial et à faible effectif vers un élevage industriel. Le début était par l'importation des souches hybrides commerciales, ensuite se retourner à l'étude des caractéristiques de la population locale (Zerrouki et *al.*,2005) et en fin en 2003,la création d'une souche synthétique (Gacem et *al.*,2005 ; Zerrouki et *al.*,2014).

En Algérie, tous les travaux qui se sont intéressés au lapin ont visé l'étude zootechnique de la population locale et/ou de la souche synthétique(Mefti K et *al.*,2010 ; Belabbas et *al.*,2012), étude des performances de reproduction et de production(Gacem et *al.*,2009 ; Zerrouki et *al.*,2014 ; Sid et *al.*,2018 ;Belabbas et *al.*,2019), la production laitière et ses facteurs de variation (Chibah et Zerrouki.,2015 ; Abdellah S,2019) et enfin le progrès génétique de la souche synthétique (Chekikene H., 2015 ; Ezzeroug et *al.*, 2020). Les paramètres physiologiques du sang et/ou les paramètres biochimiques et son impact sur les performances de production ou de reproduction chez cette souche synthétique n'ont pas été un objectif de travail sauf pour Belabbas et *al* (2019).

Dans le but de connaître les paramètres physiologiques et biochimiques chez le lapin, nous avons entrepris la présente synthèse bibliographique afin de caractériser la formule sanguine chez le lapin en général ainsi que les facteurs affectant la formule sanguine.

Partie

Bibliographique

Chapitre I

Le Lapin

Chapitre I : Le Lapin

I.1.Définition :

Les lapins sont des mammifères placentaires appartenant à l'ordre des Lagomorphes, à la famille des Léporidés et au genre *Oryctolagus*. Classés autrefois dans l'ordre des Rongeurs avec qui ils présentent des traits caractéristiques semblables, ils s'en différencient cependant par certaines particularités et, notamment, par :

- le mouvement latéral des mâchoires durant la mastication (déplacement d'avant en arrière chez les Rongeurs) ;
- deux paires d'incisives, placées l'une derrière l'autre à la mâchoire supérieure (une seule paire chez les Rongeurs) ;
- le nombre de doigts de pieds antérieurs et postérieurs.

Leur intestin, remarquablement long, est le lieu d'un comportement physiologique particulier, connu sous le nom de Caecotrophie. A côté des excréments secs ou crottes normales, riches en débris végétaux grossiers répandus dans leur habitat. La peau extensible et mobile est couverte de poils disposés dans des follicules pileux et formés de cellules épidermiques cornées (kératinisées). La tête est longue et se termine par le nez. Les lèvres sont mobiles et préhensibles. La lèvre supérieure fendue porte de longs poils tactiles au niveau des narines (vibrisses). Les yeux sont grands et situés assez loin sur les côtés de la tête qui supporte à son sommet de longues oreilles en forme de cornet. Les membres postérieurs qui se terminent par quatre doigts sont plus longs que les membres antérieurs pourvus de cinq doigts. La queue est relativement courte (FFC.,2019).

I.2.Les différentes races

Le lapin de garenne dont sont issues les races domestiquées, décrites dans le Recueil des Standards, appartient à l'espèce *Oryctolagus Cuniculus*. Les différentes races et variétés cunicoles sont toutes des variations génétiques du lapin de garenne. Elles sont apparues au cours des siècles, soit fortuitement (Castor Rex), soit à l'aide d'accouplements dirigés, effectués par les éleveurs à l'intérieur d'une population raciale existante (Blanc de Hotot) ou au moyen de croisements raciaux tel que Blanc du Bouscat (FFC.,2019).

Le nombre et la diversité des races de lapins élevées à travers le monde, qui vont des races dites Géantes (Flandres, Bélier...) jusqu'aux races à nanisme caractérisé (Polonais, Nains de couleur...) en passant par les races considérées de moyen (Bourgogne, Champagne, Vienne...) et de petit format (Russe, Chinchilla, Feu Noir...) avec les variantes pileuses inhérentes aux Angoras, aux Rex ou aux Satins plus spécialement, constituent un véritable réservoir génétique de populations où les caractères répertoriés se reproduisent fidèlement (FFC.,2019).

I.3.Morphologie du lapin :

Toutes les races de lapins possèdent un type déterminé. Celui-ci peut être propre à une race (ex. : Lièvre Belge) ou, au contraire, commun à plusieurs races (ex. : type ramassé du Bélier Français, du Fauve de Bourgogn).

L'aspect général et la taille d'un lapin (et par extrapolation son poids) forment les coordonnées du type de l'animal. On distingue les types sveltes (ex : Lièvre Belge), cylindrique (ex : Lapins de Vienne), conique (ex : Blanc de Vendée) et ultra convexe (ex : Béliers). Par ailleurs, un lapin de type ramassé est dit bréviligne à l'inverse d'un lapin de type allongé dont on dit qu'il est longiligne.

L'aspect général se rapporte à la vision globale de toutes les parties du corps de l'animal : tronc, tête, membres formés de différents tissus (osseux, musculaires, nerveux, conjonctifs...) constituant parfois des organes à visée fonctionnelle spécialisée (poumons, intestins, foie, cœur...). Tous concourent à réaliser l'ensemble de sa constitution corporelle.

La taille dépend de l'élongation du squelette de l'animal permettant de classer les lapins en races géantes, moyennes, petites et naines.

Le poids, reflet de l'accroissement de tout ou partie des tissus, doit toujours aider à parfaire l'équilibre structural du lapin ce qui transparaît au travers de son allure constamment empreinte de puissance et de souplesse.

Pour la grande majorité des races, à l'exception des nains, la simple vision d'ensemble de l'animal doit permettre de différencier les sexes. Les têtes larges et fortes, les thorax puissamment développés, les membres relativement épais, la musculature bien extériorisée caractérisent généralement les mâles. Les femelles présentent, toutes proportions gardées, plus de finesse générale. Leurs têtes sont plus étroites et plus fines ; leurs corps paraissent plus allongés avec une ossature un peu plus légère. Seuls leurs arrière-trains ont un développement plus accentué avec un bassin large (FFC.,2019).

Chapitre II

Le Sang

Chapitre II : Le Sang

II.1. Circulation sanguine et circulation lymphatique

L'appareil circulatoire des lapins est organisé comme celui de tous les mammifères, mais certains détails méritent d'être soulignés. Par exemple le poids du cœur représente 2,7 à 2,8 g par kg de poids vif chez l'adulte. Les vues droites et gauches du cœur schématisées sur les **Figures 01 et 02** donnent une idée des principaux vaisseaux entrants et sortant du cœur (Lebas., 2002).

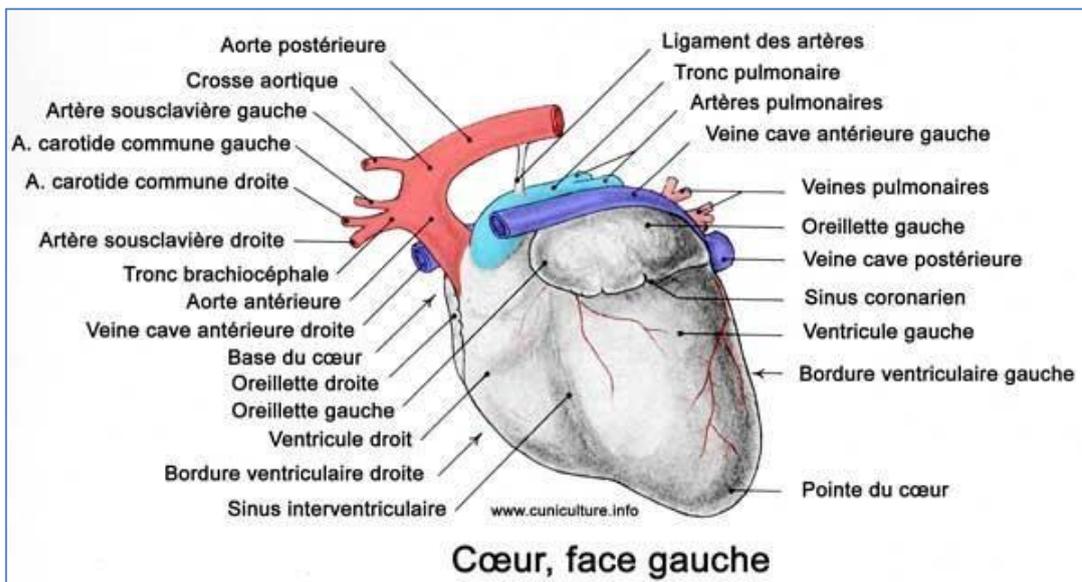


Figure 01 : Vue externe de la face gauche du cœur d'après Barone et *al.*, 1973

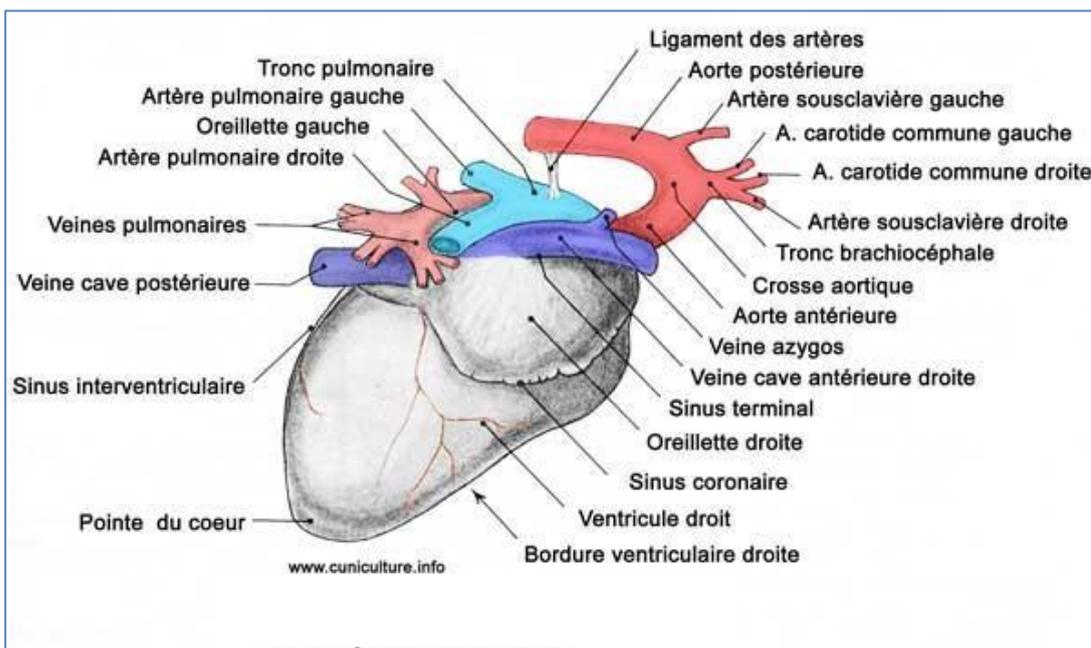


Figure 02 : Vue externe de la face droite du cœur d'après Barone et *al.*, 1973

Les grands vaisseaux sanguins sont distribués selon les schémas classiques. Une idée des principaux vaisseaux sanguins du tube digestif est fournie sur les **Figures 03 et 04**. L'étude détaillée de la vascularisation montre aussi l'existence d'assez nombreuses anastomoses entre les artères alimentant les organes, de même qu'entre les veines. Cependant, dès qu'on entre dans le détail de la vascularisation d'un organe, on constate l'existence de variations dans l'organisation d'un animal à l'autre (Lebas., 2002).

Les variations peuvent aussi exister aussi dans le temps pour un même animal. La même systématique chez la femelle pour l'irrigation de l'utérus et de la glande mammaire. Ainsi des vaisseaux sanguins apparaissent puis disparaissent, et les caractéristiques de ceux qui restent sont fortement modifiées (diamètre, épaisseur des parois, ...) (Lebas., 2002).

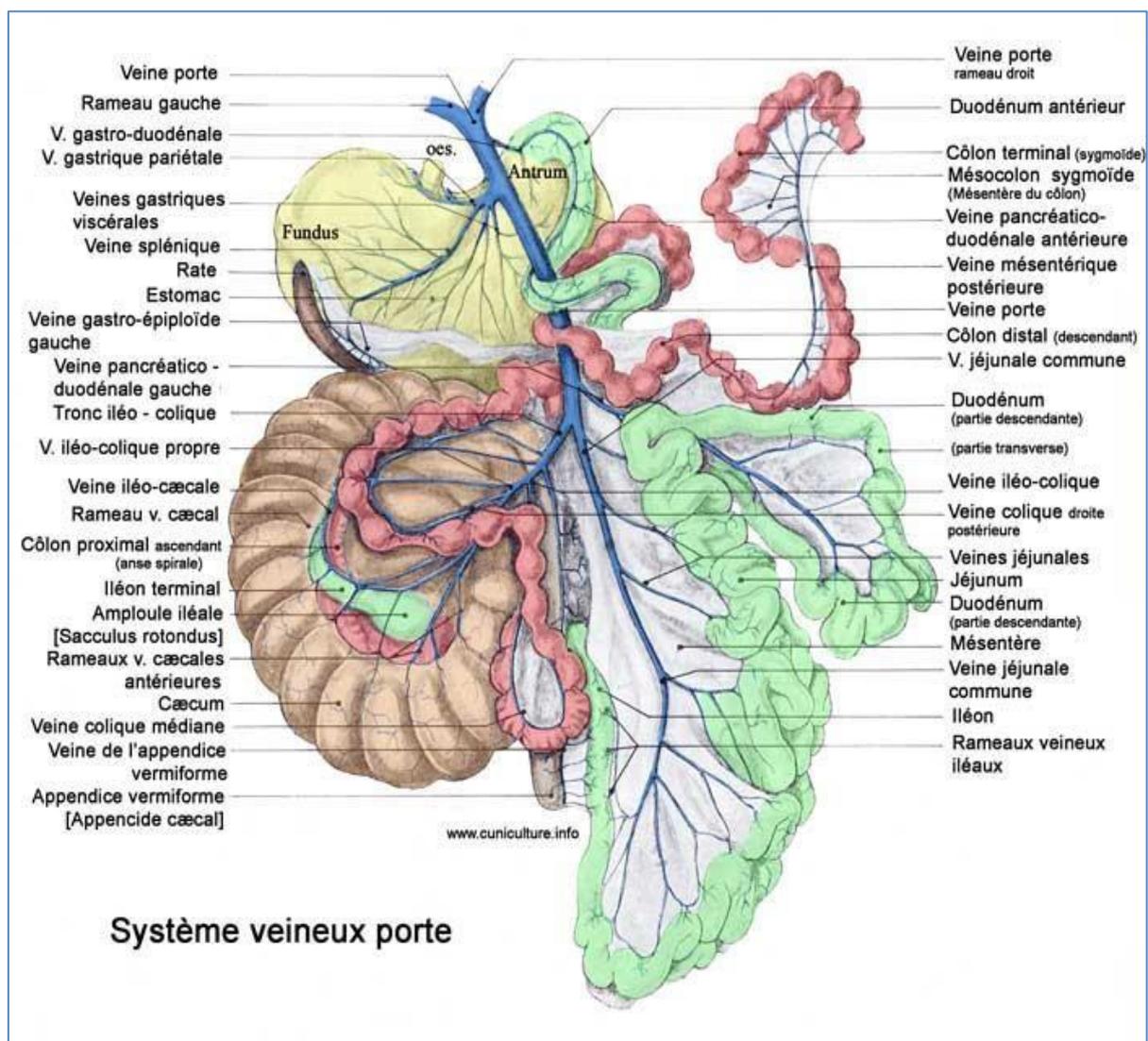


Figure 03 : Système veineux "porte" du tube digestif, d'après Barone et al., 1973

Il est classique de mentionner l'organisation particulière permettant le regroupement du sang ayant irrigué le tube digestif pour le diriger vers le foie, ce que l'on appelle le système "porte" (**Figure 03**). Le système porte hypothalamo-hypophysaire permet de transmettre à l'hypophyse l'information humorale en provenance de l'hypothalamus sans dilution dans la circulation générale. Ceci permet de réduire par exemple, au strict minimum la quantité de GnRH libérée par l'hypothalamus permettant de déclencher la réaction de l'hypophyse (Lebas., 2002).

De même, au sein du pancréas le sang veineux ayant irrigué les îlots de Langerhans, chargé par exemple en insuline, est regroupé en capillaires qui vont à leur tour irriguer les acini du pancréas exocrine. L'intérêt physiologique est la transmission quasi immédiate et sans dilution de l'information (ex : hormones) véhiculée par le sang (Lebas., 2002).

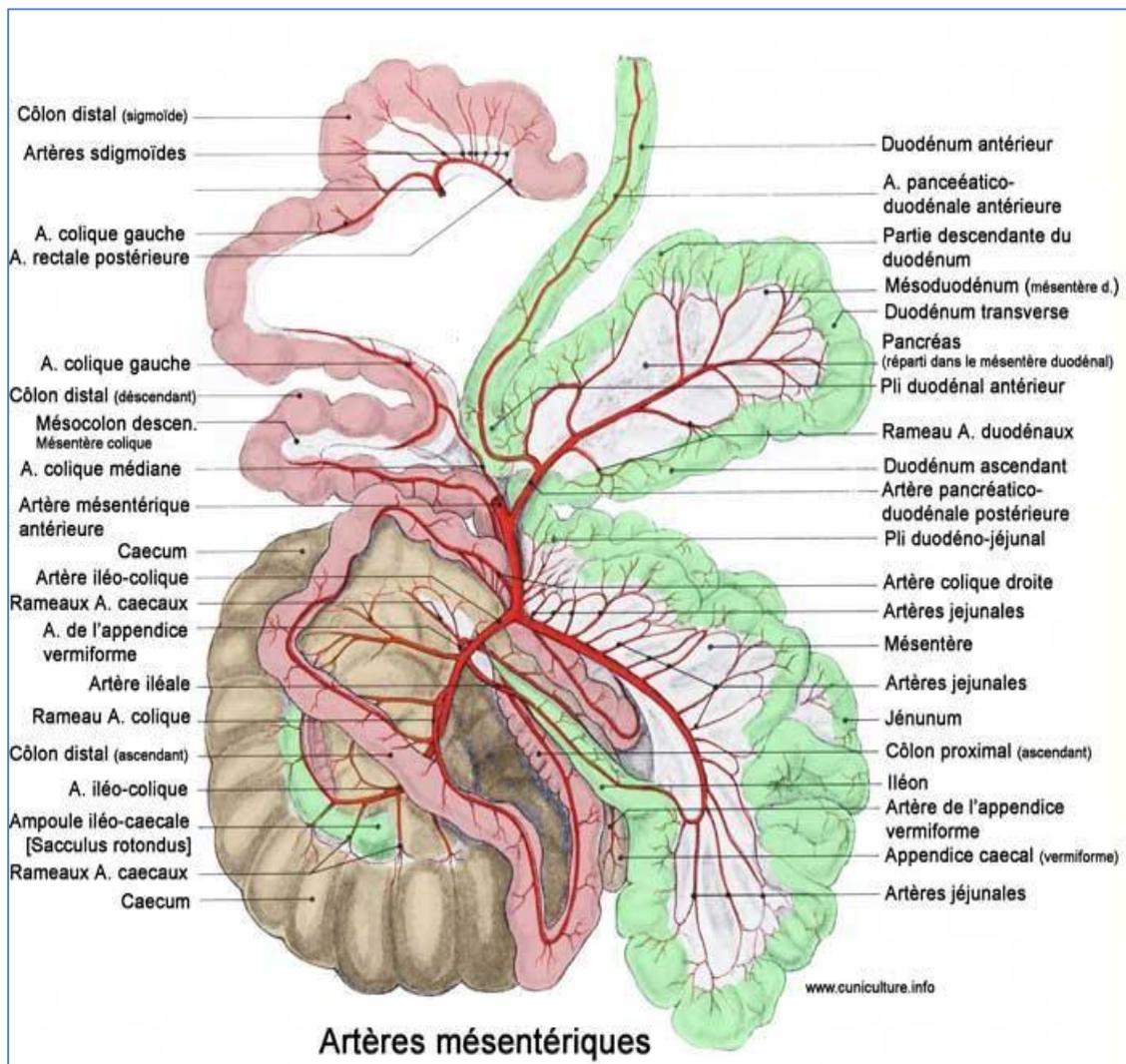


Figure 04 : Réseaux artériels du tractus digestif, d'après Barone et *al.*, 1973

Enfin, à côté de la circulation sanguine il faut mentionner la circulation lymphatique plus ou moins anastomosée-t-elle aussi, avec ses multiples ganglions situés dans toutes les parties de l'organisme. A titre d'exemple, La **Figure 05** illustre les principaux vaisseaux et les ganglions lymphatiques du tube digestif ainsi que de l'abdomen profond (Lebas., 2002).

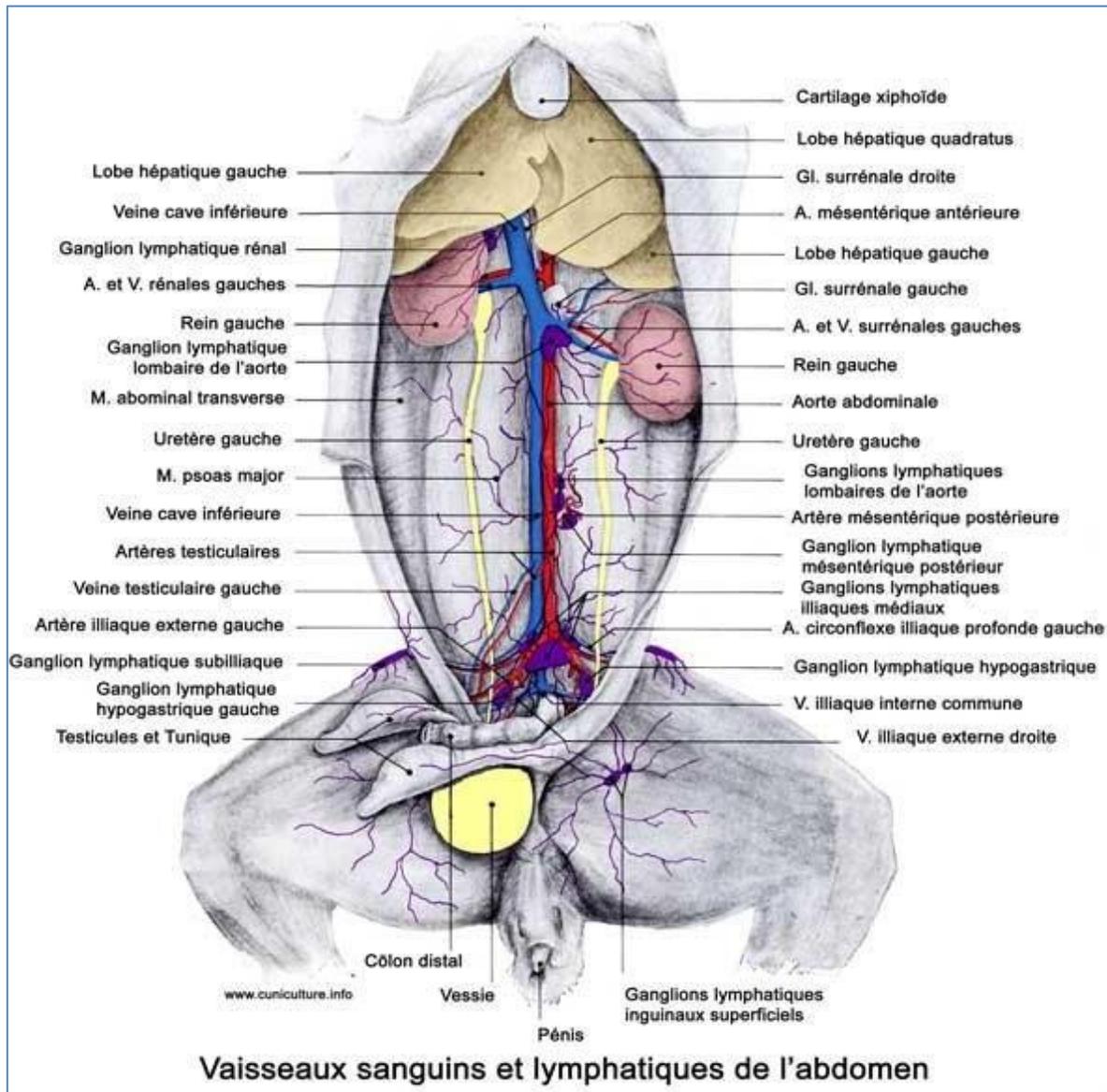


Figure 05 : Système lymphatique et principaux vaisseaux sanguins de l'abdomen profond , d'après Barone et *al.*, 1973

II.2. Volume sanguin et débit cardiaque

Chez le lapin, le volume sanguin total est relativement stable et représente 55 à 57 ml par kg de poids vif, quelques auteurs donnant des valeurs un peu différentes (de 35 à 70 ml/kg). Cette proportion est indépendante de l'âge de l'animal. Cantier et *al.*, (1969) ont démontré que la croissance de la masse sanguine est isométrique à celle du corps entier. Chez la lapine reproductrice, la masse sanguine s'accroît au cours de la gestation et de la lactation, mais la proportion par rapport au poids vif reste stable selon la majorité des expérimentateurs (Lebas., 2002).

Chez un lapin adulte de 3,5 à 4.0 kg le débit cardiaque est de 500 à 600 ml par minute. Le sang est pulsé à raison de 220 à 240 battements par minute. Chez la lapine en gestation, le débit cardiaque augmente de 20 à 40% en fonction du stade de gestation. Le débit maximum est d'ailleurs enregistré au début du dernier tiers de la gestation mais pas à sa fin (**Tableau 01**).

Paramètres	Lapin non gestante	Lapin gestante Stade de gestation	
		22-25 jrs	26-29 jrs
Poids vif (kg)	3,2	3,7	3,4
Respirations / minute	44 ± 444	67 ± 5	71 ± 5
Battements cœur / mn	288 ± 8	325 ± 7	317 ± 8
Volume par battement (ml)	2,02 ± 0,14	2,55 ± 0,1	2,28 ± 0,18
Débit cardiaque (ml/mn)	584 ± 44	826 ± 40	708 ± 47
Débit cardiaque (ml/mn/kg vif)	180 ± 11	226 ± 10	206 ± 10
Pression artérielle (mm Hg)	101 ± 4	100 ± 4	93 ± 3
Pression veineuse (mm Hg)	3,6 ± 0,3	4,5 ± 0,4	5,6 ± 0,2
Volume sanguin total (ml)	146 ± 18	180 ± 13	183 ± 14

Tableau 01 : Paramètres du fonctionnement cardiaque chez la lapine en fonction du stade de gestation, d'après Bjellin et Carter (1977).

II.3. Débit sanguin

La mesure du débit sanguin dans les différents organes a fait l'objet d'un certain nombre d'études, en particulier chez la lapine reproductrice. A titre d'information, les résultats d'une étude de **Nuwayhid** de 1979 sont résumés sur le **Tableau 02**.

Organe	Débit par organe	
	Lapin vide	lapin gestante
Débit cardiaque totale	516 ± 28	862 ± 114
Appareil reproducteur	5,3 ± 1,1	46,9 ± 3,0
2 reins	95,0 ± 13,1	85,4 ± 6,7
Foie (sang artériel)	6,2 ± 1,7	4,90 ± 1,0
2 Poumons	13,3 ± 2,8	13,9 ± 2,7
Rate	10,2 ± 1,0	5,0 ± 0,8
Cœur	21,2 ± 3,0	31,1 ± 5,5

Tableau 02 : Débit sanguin (ml par minute) dans les différents organes d'une lapine non gestante ou d'une lapine en fin de gestation (20-30 jours) d'après Nuwayhid (1979).

On peut remarquer le très fort accroissement de débit sanguin dans l'appareil reproducteur chez la lapine gestante, mais rapporté au poids du tractus reproducteur ce débit s'avère équivalent, voire inférieur à celui constaté chez les lapines vides. Le flux sanguin irriguant l'utérus chez une lapine en fin de 4e semaine de gestation se répartit à raison de 60% pour les placentas, 27% pour les 2 cornes utérines et 13% pour le vagin (Lebas., 2002).

Comme cela avait été mentionné dans les parties précédentes, le débit sanguin par placenta est plus élevé pour l'embryon situé le plus près de l'ovaire que pour la moyenne générale, ce qui favorise son développement (**Figure 06**). En fin de gestation, si 6,7% (± 0,7%) du débit cardiaque sont destinés à l'utérus, 5,1% (± 0,5%) sont dirigés vers les glandes mammaires (Lebas., 2002).

On doit aussi souligner le débit important mais très variable du sang irriguant la rate. Par contre le débit rénal semble relativement plus stable en fonction du stade physiologique et représente le passage moyen de la totalité du sang du lapin par les reins toutes les 5 à 10 minutes au minimum (Lebas., 2002).

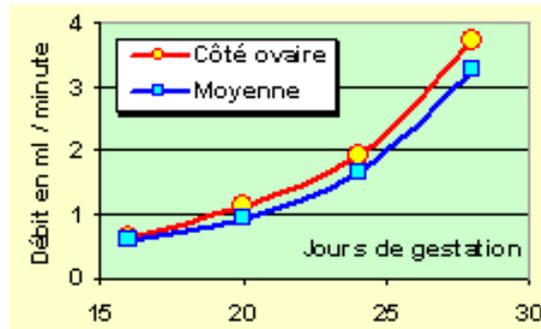


Figure 06 : Évolution du débit sanguin (ml/mn) pour le placenta du premier fœtus côté ovarien et débit moyen pour l'ensemble des placentas, d'après Bruce et Abdul-Karim (1973).

II.4. Hémogramme

II.4.1. Définition

Par définition l'hémogramme est l'étude cytologique quantitative et qualitative du sang circulant. Il s'agit donc d'un diagramme sanguin qui analyse le nombre, la proportion, la morphologie et les variations des éléments figurés du sang. Il comprend d'abord les numérations absolues érythrocytaire, leucocytaire et plaquettaire (Descat., 2001).

On établit ensuite pour les globules blancs la formule leucocytaire donnant les pourcentages des différents types de leucocytes : granulocytes neutrophiles, granulocytes éosinophiles, granulocytes basophiles, lymphocytes et monocytes (les granulocytes sont parfois appelés polynucléaires). A côté de la formule leucocytaire on peut évaluer le nombre d'érythroblastes présents sur le frottis. Ce nombre est exprimé en pourcentage du nombre total de globules blancs. Les globules rouges sont aussi caractérisés par les paramètres numériques érythrocytaires suivants :

- L'hématocrite (**Ht**) est le pourcentage du volume sanguin occupé par les globules rouges.
- Le volume globulaire moyen d'un érythrocyte (**VGM**) est exprimé en fento-litres (fl). C'est le paramètre mesuré par la plupart des automates qui en déduisent, connaissant déjà la numération érythrocytaire, l'hématocrite et la CCMH.

- La teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (**TCMH**) correspond à la charge moyenne en hémoglobine d'une hématie est exprimée en picogrammes (pg). C'est le rapport de la concentration en hémoglobine sur la numération érythrocytaire.

- La concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (**CCMH**) correspond à la charge en hémoglobine pour 100 ml de sang. C'est le rapport de la concentration en hémoglobine sur l'hématocrite. Elle est exprimée en g/100ml ou en pourcentage.

- Le taux de réticulocytes correspond au pourcentage de réticulocytes par rapport au nombre total de globules rouges circulants.

- La concentration en hémoglobine [**Hb**] est déterminée classiquement par spectrophotométrie.

Un autre paramètre érythrocytaire caractérisant une population donnée d'hématie est parfois fourni par certains automates comme le Technicon ou le Coulter S plus. Il s'agit de la **courbe de distribution des globules rouges** (Red Cell Width) établie en fonction de leur taille (donc du VGM) et qui permet d'apprécier le degré d'anisocytose de l'échantillon. Enfin l'hémogramme contient aussi des appréciations qualitatives sur la morphologie des cellules sanguines qui sont toutes aussi importantes que les paramètres chiffrés (Descat., 2001).

II.4.2. Méthodes de prélèvements sanguins :

II.4.2.1. Veine jugulaire :

Ce site permet la récolte de volumes de sang supérieurs à 0,5 ml. Le lapin peut être vigile s'il est calme. Il est placé au bord de la table d'examen en décubitus sternal avec la tête en semi-extension. Les antérieurs peuvent être maintenus tendus vers le sol en dehors de la table. La compression est réalisée à l'entrée du thorax. Le trajet des veines jugulaires est habituellement facilement visualisable une fois la zone tonduée et imprégnée d'un peu d'alcool. Cependant ce prélèvement peut être compliqué chez les femelles en raison de leur fanon et chez les mâles obèses (Lecomte et *al.*, 2014).

II.4.2.2. Veine saphène externe :

La prise de sang à la veine saphène présente les avantages d'être facilement réalisable, de limiter le stress de l'animal et de permettre de prélever jusqu'à 1 ml de sang chez les lapins nains. L'animal est maintenu en décubitus latéral, le dos placé contre le corps de l'aide, la tête coincée derrière son coude. La patte arrière est étendue et la compression est réalisée au-dessus du jarret. La veine est visualisable facilement ; elle est très superficielle (Lecomte et *al.*, 2014).

II.4.2.3. Veine céphalique :

Ce site est le plus souvent réservé à la pose de cathéter mais peut également être utilisé pour prélever du sang. La veine est accessible mais peut être difficile à localiser et à mettre en évidence chez les petites races (Lecomte et *al.*, 2014).

II.4.2.4. Veines marginales et artère centrale de l'oreille :

Les veines marginales courent sur le pourtour de l'oreille des lapins. Les poils situés en regard de la veine sont tondu et la zone est nettoyée à l'aide d'alcool. Pour faciliter la vasodilatation des veines, soit une compression est réalisée à la base de l'oreille, soit l'oreille est enroulée dans un tissu chaud pendant quelques minutes. Le vaisseau est ponctionné à l'aide d'une aiguille fine de 25 ou 27 G. Il est recommandé de ne pas utiliser de seringue pour limiter le risque de collapsus, mais de récolter le sang directement dans un tube approprié. Toutefois, le risque de thrombose veineuse est important et la formation d'hématome est fréquente surtout sur les races possédant des oreilles courtes (Lecomte et *al.*, 2014).

L'artère centrale est située dans le plan médian et présente un trajet rectiligne. Il n'y a pas nécessité de réchauffer l'oreille. L'aiguille est insérée à l'extrémité de l'oreille, parallèlement à l'artère, en direction de la base de l'oreille. Une fois sous la peau, l'aiguille est réorientée dans le vaisseau. A l'issue du prélèvement compression sur le site de ponction doit être appliquée jusqu'à réalisation de l'hémostase (Lecomte et *al.*, 2014).

II.4.2.5. Autres veines :

D'autres veines, telles que la veine fémorale et la veine cave crâniale peuvent être également prélevées sous anesthésie générale (Esther et *al.*, 2014).

II.4.3. Caractéristiques des éléments figurés du sang

II.4.3.1. Globules rouges :

Les globules rouges ou érythrocytes sont des cellules anucléées dépourvues d'organites cellulaires. Les hématies du Lapin ont la forme de disques arrondis biconcaves ; un diamètre 5–8 mm ; on peut observer une anisocytose qui est considérée comme physiologique.

On note aussi la présence de quelques globules rouges présentant une forme de pomme et qui sont considérés comme caractéristiques du Lapin (Adili., 2007).

Contrairement à certains autres mammifères, une polychromasie de 2 à 4% peut être une observation normale dans les frottis sanguins colorés de lapins en bonne santé. Un GR nucléé occasionnel ou un corps de Howell Jolly peut également être présent.

La durée de vie estimée des globules rouges de la lapine est de 57 à 67 jours. Cette durée de vie érythrocytaire relativement courte est associée à une polychromasie accrue pour remplacer les érythrocytes sénescents (Lester et *al.*, 2005).

II.4.3.2. Globules blancs ou Leucocytes :

Les globules blancs, encore appelés leucocytes sont des cellules impliquées dans la défense de l'organisme ; ce sont des cellules nucléées plus volumineuses que les globules rouges (Adili., 2007).

Le nombre de leucocytes est variable à la fois entre les animaux et pour différents échantillons d'un même animal. Le nombre total de leucocytes est le plus bas chez les nouveau-nés et présente des pics doubles à 3 mois et à 12 mois, avec une baisse entre ces périodes. Il existe également une variation diurne du nombre de leucocytes, le nadir se produisant de la fin de l'après-midi au soir. Le stress peut augmenter le nombre total de leucocytes de 15 à 30%. La distribution relative des sous-types de leucocytes de lapin est également variable. Les fourchettes de référence suivantes fournissent la fréquence attendue du nombre total et différentiel de leucocytes chez le lapin :

GB = 6 300 - 10 060 cellules / μ l ; hétérophiles segmentés = 1 490 - 3 210 cellules / μ l ; hétérophiles de bande = 0 cellules / μ l ; lymphocytes = 3 360 à 7 000 cellules / μ l ; monocytes = 50-450 cellules / μ l ; éosinophiles = 100-150 cellules / μ l ; et basophiles = 60-360 cellules / μ l. (Lester et *al.*, 2005)

II.4.3.2.1. Les polynucléaires :

Les polynucléaires sont caractérisés par la présence dans le cytoplasme d'un noyau polylobé et deux types de granulations : primaires ou azurophiles et spécifiques. On distingue trois types de polynucléaires : les neutrophiles, les éosinophiles et les basophiles (Adili., 2007).

a. Les hétérophiles

Chez le Lapin, les neutrophiles sont appelés pseudo-hétérophiles ou pseudo-éosinophiles parce qu'ils contiennent de larges granulations éosinophiles rosâtres (Adili., 2007).

Les microscopistes inexpérimentés identifient souvent à tort les hétérophiles comme des éosinophiles. Le diamètre des hétérophiles varie de 10 à 15 μ m. Ils ont un noyau lobulé, violet clair, entouré d'un cytoplasme contenant des granules rouges diffus de taille variable.

Les granules hétérophiles sont généralement plus petits que ceux des éosinophiles et peuvent ne pas occuper tout le cytoplasme. Bien que le noyau soit généralement segmenté, il peut y avoir des bandes hétérophiles peu fréquentes dans le sang de lapins sains. Une dégranulation mineure des hétérophiles peut accompagner l'utilisation de taches rapides de type Romanowsky, telles que Diff-Quick. On présume que la dégranulation induite par les taches est la conséquence d'un temps de fixation court (5 à 10 secondes) pendant la coloration. Les cellules dégranulées ressembleront à des hétérophiles, mais des vacuoles seront présentes à l'endroit où se trouvaient les granules auparavant. La dégranulation induite par la coloration ne doit pas être confondue avec un changement toxique dans lequel le cytoplasme présente une coulée bleue (Lester et *al.*, 2005).

b. Les éosinophiles

Les éosinophiles sont légèrement plus grands que les hétérophiles et ont un diamètre de 12 à 16 microns. Le noyau se colore en violet et semble souvent bilobé. Des granules cytoplasmiques ronds, acidophiles, sont présents et sont plus grands et plus nombreux que les granules des hétérophiles (Lester et *al.*, 2005).

c. Les basophiles

Les basophiles ont un noyau lobulé violet clair et des granules cytoplasmiques violet foncé à violet noir. Ils ont à peu près la même taille que les hétérophiles. Contrairement à de nombreux autres mammifères, les lapins en bonne santé peuvent avoir des basophiles variant de 5 à 30% du nombre différentiel de leucocytes (Lester et *al.*, 2005).

II.4.3.2.2. Les mononucléaires :

Les mononucléaires sont des cellules à cytoplasme pourvues de quelques granulations azurophiles et un noyau non lobé, on distingue deux types cellulaires : les monocytes et les lymphocytes (Adili., 2007).

a. Les monocytes

Les monocytes sont les plus grands leucocytes circulants, mesurent de 15 à 18 μm de diamètre. Les monocytes ont un noyau de grande taille, de forme variable, dont la chromatine semble moins condensée que celle des hétérophiles. Le cytoplasme est abondant et se colore de gris à bleu-gris. Quelques vacuoles cytoplasmiques peuvent être observées. De gros granules rouge foncé ont été décrits dans le cytoplasme de certains monocytes en association avec une toxicité non spécifique (Lester et *al.*, 2005).

b. Les lymphocytes

La morphologie des lymphocytes lapins est similaire à celle des autres espèces. Les lymphocytes ont un noyau volumineux, qui peut être légèrement dentelé, et une petite quantité de cytoplasme bleu clair. Bien que les petits lymphocytes prédominent, de gros lymphocytes peuvent être présents. Ces cellules sont de taille similaire aux hétérophiles (ou neutrophiles d'autres mammifères).

Les grands lymphocytes peuvent parfois contenir des granules azurophiles. Les lymphocytes réactifs (immunocytes) sont des lymphocytes stimulés antigéniquement qui sont des cellules plus grandes avec un cytoplasme beaucoup plus bleu. Les lymphocytes sont les leucocytes les plus courants dans le sang des jeunes animaux âgés de moins de 12 mois. Après 13 mois, les hétérophiles et les lymphocytes peuvent être présents en nombre à peu près égal (Lester et *al.*, 2005).

II.4.3.3. Plaquettes ou Thrombocytes :

Chez les mammifères ; après coloration au May-Grundwald Giemsa, les plaquettes apparaissent sous la forme d'éléments arrondis et discoïdes, elles mesurent entre 5 – 7 µm, la durée de vie des plaquettes est de 3 jours (Adili., 2007).

II.4.4. Analyse de sang complète et valeurs de référence de biochimie sanguine :

Les **Tableaux 03, 04, 05, 06 et 07** résument les valeurs sanguines du lapin. La plupart des données proviennent de lapins de laboratoires, gardés dans des conditions qui diffèrent des lapins domestiques. D'autres facteurs qui influencent l'hématologie sanguine sont la nourriture, l'environnement, l'âge, le sexe, la santé et l'activité métabolique, lapin d'intérieur ou d'extérieur, pour ne pas oublier l'endogamie.

Il faut noter que les valeurs mentionnées représentent un ordre de grandeur de référence, qui ne doit jamais être interprété de façon rigide. Il y a en effet des zones grises aux limites de chaque valeur de référence. Une valeur sanguine obtenue proche de la valeur de référence ne doit ainsi jamais être considérée comme une valeur seule, mais doit être comparée avec toutes les conclusions cliniques du cas spécifique.

Electrolytes	Abréviation	Valeur	Unités
Bicarbonate	-	16 - 32	mmol/l
Calcium – ionisé	Ca ⁺⁺	1.71	mmol/l
Calcium – total	Ca ⁺⁺	3.0 – 5.0	mmol/l
		5.5 – 12.5	mg/dl
Chlorure	Cl ⁻	92 - 120	mmol/l
Fer	Fe	33 - 40	mmol/l
Magnésium	Mg ⁺⁺	0.8 - 1.2	mmol/l
Plomb	Pb	2 - 27	μg/dl
Phosphate - inorganique	Pi	1.0 - 2.5	mmol/l
Phosphore	HPO ₄ ⁻	4 - 6	mg/dl
Potassium	K ⁺	4.0 - 6.5	mmol/l
Sodium	Na ⁺	130 - 155	mmol/l

Tableau 03 : Les valeurs des électrolytes

	Abréviation	Valeur	Unités
pH sanguin	pH	7.2-7.5	-
Globules rouges, or Erythrocyte	RBC	3.8 – 7.9*10 ⁶	/mm ³
Hématocrite	PCV	33 – 50	%
Volume corpusculaire moyen	MCV	50 – 75	mm ³
Hémoglobine	Hb	9.4 – 17.4	g /dl
Hémoglobine corpusculaire moyenne	VGM	18 - 24	pg/cellule
Concentration moyenne d'hémoglobine corpusculaire	CCMH	27 - 34	%
Globules blancs ou leucocytes	-	5 – 13 * 10 ⁹	/l
Basophiles	-	0 – 0.84 <0.5 * 10 ⁹	%/l
Eosinophiles	-	0 – 2 < 1.0 * 10 ⁹	%/l
Lymphocytes	-	43 – 80 < 3 – 9 * 10 ⁹	%/l
Monocytes	-	0 – 4 < 0.5 * 10 ⁹	%/l
Neutrophiles	-	34 – 70	%
Neutrophiles Bandés	-	< 6	%
Neutrophiles adultes	-	1 – 4 * 10 ⁹	/l
		290 * 10 ³	/mm ³
Plaquettes		200 – 650 * 10 ⁹	/
Réticulocytes		0 - 3	%
Temps de coagulation (in-vivo)		2 – 8	min

Tableau 04 : Les valeurs sanguines

Protéines	Abréviation	Valeur	Unités
Albumine	-	25 - 40	g/l
Bilirubine – totale	-	3.4 – 8.5	μmol/l
		0 – 0.75	mg/dl
Gamma GT	-	0 – 7	IU/l
Globulin	-	1.5 – 3.3	g/dl
		25-40	g/l
Ratio albumine/globuline	A/G	0.7 – 1.89	-8
Protéines - totales	-	5.4 – 7.5	g/dl
		50 - 75	g/l

Tableau 05 : Les valeurs des protéines sanguines

Enzymes	Abréviation	Valeur	Unités
Phosphatase acide	AP	0.3 – 2.7	IU/l
Alanine aminotransférase	ALT	55 - 260	IU/l
Phosphatase alcaline	ALP	10 - 96	IU/l
Amylase	-	200 - 500	IU/l
Aspartate aminotransférase	AST	10 - 98	IU/l
Créatinine phosphokinase	CK - CPK	140 – 372	IU/l
Lactate déshydrogénase	-	132 - 252	IU/l

Tableau 06 : Les valeurs des enzymes

Autres substrats	Abréviation	Valeur	Unités
b-OH butyrate	-	< 1	mmol/l
BUN	-	13 - 30	mg/dl
Acides biliaires	-	3 - 15	µmol/l
Bilirubine	-	< 20	µmol/l
Cholestérol	-	0.1 – 2.00	mmol/l
		10 - 80	mg/dl
Cortisol (repos)	-	1.0 – 2.04	µg/dl
Cortisol après stimulation par l'ACTH	-	12.0 – 27.8	µg/dl
Créatinine	-	53 – 124	µmol/l
		0.5 – 2.6	mg/dl
Glucose	Glc	4.2 – 8.9	mmol/l
		75 – 140	mg/dl
Phospholipides	-	40 - 140	mg/dl
Lipides du sérum sanguin	-	150 - 400	mg/dl
T ₄	-	82.37 – 106.82	nmol/l
		6.4 – 8.3	µg/dl
Triglycérides	-	1.4 – 1.76	mmol/l
Urée	-	9.1 – 25.5	mmol/l
Acide urique	-	1 – 4.3	mg/dl
Vitamine A	Vit A	30 – 80	µg/l
Vitamine E	Vit E	> 1	µg/ml

Tableau 07 : Autres valeurs biochimiques sanguines

Chapitre III :
Les facteurs de variations de
la FNS

Chapitre III : Les facteurs de variations de la FNS

III.1. Facteurs de variations des paramètres biochimiques

III.1.1. En fonction de l'âge

Elles sont indiquées dans le **Tableau 08**. Concernant les minéraux sanguins analysés, la phosphatémie est plus élevée chez les jeunes que chez les adultes ($p < 0,01$) alors que la calcémie est plus élevée chez les adultes que chez les jeunes ($p < 0,05$). Au sein de la population femelle, la magnésémie est plus importante chez les adultes ($p < 0,05$) alors que la situation est contraire chez les mâles ($p < 0,05$). L'observation des résultats des constituants organiques montre selon Farougou et *al.*, (2007) que :

- la cholestérolémie est plus élevée chez les jeunes que chez les adultes ($p < 0,001$) ;
- la concentration du HDL cholestérol est significativement plus élevée chez les jeunes que chez les adultes dans la population mâle ($p < 0,001$) ;
- le rapport HDL cholestérol/cholestérol est significativement plus élevé chez les adultes que chez les jeunes dans la population mâle ($p < 0,001$) alors que le contraire est noté chez les femelles ($p < 0,05$) ;
- la triglycéridémie est significativement plus élevée chez les jeunes que chez les adultes ($p < 0,001$) ;
- la protéinémie totale est plus importante chez les adultes que chez les jeunes ($p < 0,05$) ;
- la créatininémie est plus élevée chez les adultes que chez les jeunes ($p < 0,001$) ;
- l'urémie est plus élevée chez les adultes que chez les jeunes ($p < 0,01$) ;
- l'uricémie est significativement plus élevée chez les adultes que chez les jeunes ($p < 0,001$).

En ce qui concerne les enzymes sériques, globalement et dans la population femelle, l'activité catalytique de l'ASAT et de la PAL est plus importante chez les jeunes que chez les adultes ($p < 0,05$) alors que celles de l'ALAT et de la gGT sont globalement, et dans la population mâle, plus élevée chez les adultes que chez les jeunes (Farougou et *al.*, 2007).

Chapitre III : Les facteurs de variations de la FNS

Constituants sériques	Lapin		S	Lapines		S	Lapins et lapines		S
	Adultes (n=30)	Jeunes (n=30)		Adultes (n=30)	Jeunes (n=30)		Adultes (n=60)	Jeunes (n=60)	
Calcium (mmol/L)	3,64 ± 0,62	3,30 ± 0,54	*	3,52 ± 0,38	3,23 ± 0,55	*	3,58 ± 0,51	3,27 ± 0,54	**
Phosphore (mmol/L)	1,55 ± 0,39	2,06 ± 0,31	**	1,53 ± 0,42	2,10 ± 0,55	**	1,54 ± 0,41	2,08 ± 0,45	**
Magnésium (mmol/L)	1,29 ± 0,25	1,12 ± 0,32	*	0,93 ± 0,33	1,24 ± 0,43	*	1,11 ± 0,34	1,18 ± 0,38	NS
Cholestérol (mmol/L)	2,12 ± 0,34	2,00 ± 0,48	NS	1,35 ± 0,47	2,25 ± 0,70	***	1,73 ± 0,56	2,13 ± 0,61	***
HDL Cholestérol (mmol/L)	1,39 ± 0,32	1,45 ± 0,32	NS	1,14 ± 0,28	1,50 ± 0,34	***	1,27 ± 0,32	1,47 ± 0,33	***
HDL Cholestérol /cholestérol	0,65 ± 0,15	0,74 ± 0,16	*	0,90 ± 0,13	0,70 ± 0,18	***	0,77 ± 0,19	0,72 ± 0,17	NS
Triglycérides (mmol/L)	1,65 ± 0,28	1,52 ± 0,28	NS	1,37 ± 0,23	1,89 ± 0,35	***	1,51 ± 0,29	1,71 ± 0,37	***
Protéines totales (g/L)	63,04 ± 9,59	56,13 ± 11,75	*	62,13 ± 5,89	51,62 ± 7,54	***	62,58 ± 7,91	53,87 ± 10,05	***
Créatinine (µmol/L)	116,59 ± 21,19	93,94 ± 16,11	***	133,91 ± 32,79	89,63 ± 22,16	***	125,25 ± 28,73	91,79 ± 19,33	***
Urée (mmol/L)	7,86 ± 1,55	6,00 ± 1,62	***	7,04 ± 1,42	5,75 ± 1,44	***	7,45 ± 1,53	5,88 ± 1,55	***
Acide urique (µmol/L)	50,1 ± 16,7	52,1 ± 22,0	NS	78,8 ± 22,44	3,9 ± 32,1	***	64,5 ± 24,3	48,0 ± 27,6	***
PAL (U/L)	66,79±60,03	160,44±51,90	***	34,96±17,20	134,67±49,12	***	50,88±46,63	147,55±51,75	***
ASAT (U/L)	51,02±20,97	60,73±17,91	*	48,84±24,39	53,73±18,87	NS	49,91±22,61	57,23±18,58	*
ALAT (U/L)	65,09±24,35	44,93±11,74	***	92,92±45,45	51,85±16,50	***	79,01±38,78	48,39±4,62	***
γGT (U/L)	3,44±2,77	3,02±2,26	NS	4,60±3,69	2,57±2,16	*	4,03±3,30	2,79±2,20	*

S. : Niveau de signification. NS : p>0,05 ; * : p<0,05 ; ** : p<0,01*** ; : p<0,001

Tableau 08 : Variations des paramètres biochimiques en fonction de l'âge
(Farougou et al.,2007)

III.1.2. En fonction du sexe

Le **Tableau 09** rend compte des différentes variations. Pour les minéraux, la magnésémie est plus élevée chez les femelles que chez les mâles (p<0,001) dans la population adulte. Aucune différence significative de la calcémie, de la phosphatémie et du rapport phosphocalcique n'est notée en fonction du sexe (p>0,05) (Farougou et al.,2007).

Chapitre III : Les facteurs de variations de la FNS

Concernant les substances organiques (Farougou et *al.*, 2007) :

- la cholestérolémie est plus élevée chez les lapines que chez les lapins ;
- la concentration sérique du HDL cholestérol est plus élevée chez la lapine que chez le lapin seulement chez les adultes ;
- le rapport HDL cholestérol/cholestérol est plus élevé chez le lapin que chez la lapine ;
- la triglycéridémie est significativement plus importante chez les lapines que chez les lapins au sein des adultes ($p < 0,001$) alors qu'elle est plus élevée chez le mâle que chez la femelle au sein des jeunes.
- aucune différence significative de la protéinémie totale n'est observée aussi bien chez les jeunes que chez les adultes.
- la créatininémie est significativement plus élevée chez le lapin que chez la lapine seulement au sein des adultes ;
- l'urémie est significativement plus élevée chez la lapine que chez le lapin ;
- l'uricémie est significativement plus élevée chez le mâle que chez la femelle aussi bien de façon globale que chez les adultes.

Les résultats des enzymes révèlent que l'activité catalytique de l'ALAT dans la population adulte est plus importante chez le mâle que chez la femelle, alors que celle de la phosphatase alcaline est plus importante chez la femelle que chez le mâle. Aucune différence significative n'est enregistrée chez les jeunes pour tous les 4 enzymes étudiés (Farougou et *al.*, 2007).

Constituants sériques	Adultes		S	Jeunes		S	Adultes et jeunes		S
	Mâles (n=30)	Femelles (n=30)		Mâles (n=30)	Femelles (n=30)		Mâles (n=60)	Femelles (n=60)	
Calcium (mmol/L)	3,52 ± 0,38	3,64 ± 0,62	NS	3,23 ± 0,55	3,30 ± 0,54	NS	3,38 ± 0,49	3,47 ± 0,60	NS
Phosphore (mmol/L)	1,53 ± 0,42	1,55 ± 0,39	NS	2,10 ± 0,55	2,06 ± 0,31	NS	1,82 ± 0,56	1,81 ± 0,44	NS
Magnésium (mmol/L)	0,93 ± 0,33	1,29 ± 0,24	***	1,24 ± 0,43	1,12 ± 0,31	NS	1,08 ± 0,41	1,21 ± 0,29	NS
Cholestérol (mmol/L)	1,35 ± 0,45	2,12 ± 0,34	***	2,25 ± 0,70	2,00 ± 0,48	NS	1,80 ± 0,75	2,06 ± 0,42	*
HDL Cholestérol (mmol/L)	1,39 ± 0,32	1,14 ± 0,28	**	1,50 ± 0,34	1,45 ± 0,32	NS	1,32 ± 0,36	1,42 ± 0,32	NS
HDL Cholestérol /cholestérol	0,90 ± 0,28	0,65 ± 0,32	***	0,70 ± 0,18	0,74 ± 0,16	NS	0,80 ± 0,19	0,60 ± 0,16	**
Triglycérides (mmol/L)	1,37 ± 0,23	1,65 ± 0,28	***	1,89 ± 0,35	1,52 ± 0,28	***	1,63 ± 0,4	1,59 ± 0,28	NS
Protéines totales (g/L)	62,13 ± 5,89	63,04 ± 9,59	NS	51,62 ± 7,54	56,13 ± 11,75	NS	56,87 ± 8,55	59,58 ± 11,19	NS
Créatinine (µmol/L)	133,91 ± 32,79	116,59 ± 21,19	*	89,63 ± 22,16	93,94 ± 16,11	NS	111,77 ± 35,62	105,27 ± 21,88	NS
Urée (mmol/L)	7,04 ± 1,42	7,86 ± 1,55	*	5,75 ± 1,49	6,00 ± 1,62	NS	6,40 ± 1,58	6,93 ± 1,83	*
Acide urique (µmol/L)	78,8 ± 22,4	50,1 ± 16,7	***	43,9 ± 32,1	52,1 ± 22,00	NS	61,3 ± 32,6	51,1 ± 19,4	*
PAL (U/L)	34,96 ± 17,20	66,79 ± 60,03	**	134,67 ± 49,12	160,44 ± 51,89	NS	84,82 ± 62,11	113,62 ± 72,97	*
ASAT (U/L)	48,84 ± 24,39	50,02 ± 20,97	NS	53,73 ± 18,87	60,73 ± 17,91	NS	51,29 ± 21,76	55,63 ± 19,92	NS
ALAT (U/L)	92,92 ± 45,45	65,09 ± 24,35	**	51,85 ± 16,50	44,93 ± 11,74	NS	72,39 ± 39,73	55,01 ± 21,51	**
γGT (U/L)	4,60 ± 3,69	3,44 ± 2,77	NS	2,57 ± 2,16	3,02 ± 2,26	NS	3,58 ± 3,17	3,22 ± 2,51	NS

S. : Niveau de signification. ; NS : p>0,05 ; * : p<0,05 ; ** : p<0,01 ; *** : p<0,001

Tableau 09 : Variations des paramètres biochimiques chez le lapin en fonction du sexe (Farougou et *al.*, 2007)

III.1.3. En fonction de la race et de l'âge

III.1.3.1. La race NMER et NZW

Le génotype est une source importante de variation ($p < 0,01$) pour les leucocytes où la NMER (Native Middle-Egypt Rabbit) était supérieure à la NZW (New Zealand White) (**Tableau 10**). L'effet de l'âge n'était pas significatif pour les leucocytes. Le génotype et l'âge ont eu un effet significatif à la fois sur les Neutrophiles et les Lymphocytes. Le nombre de neutrophiles a augmenté alors que le nombre de lymphocytes a diminué à 45 jours (après 10 jours de sevrage) (Abdel-kafy et *al.*, 2012).

Variable	Age	NMER	NZW	Race	Age	Race X Age
LeukocytesX10 ³ /mm ³	45	6.3±0.04 ^a	6.2±0.06 ^a	0.0010**	0.0737	0.6542
	60	5.8±0.06 ^b	5.3±0.04 ^b			
	75	6.2±0.06 ^a	5.9±0.04 ^a			
Neutrophile (%)	45	42.4±0.23 ^b	42.3±0.14 ^b	0.0378*	0.0001**	0.0001**
	60	42.7±0.28 ^b	49.9±0.40 ^a			
	75	50.1±0.37 ^a	48.0±0.29 ^a			
Lymphocyte (%)	45	49.6±0.25 ^a	49.4±0.21 ^a	0.0258*	0.0001**	0.0001**
	60	49.7±0.35 ^a	42.2±0.39 ^b			
	75	42.2±0.42 ^b	44.0±0.29 ^b			
N\L ratio	45	0.87±0.009 ^b	0.86±0.006 ^b	0.102	0.0001**	0.0004**
	60	0.87±0.011 ^b	1.19±0.023 ^a			
	75	1.20±0.023 ^a	1.10±0.014 ^a			
Monocyte (%)	45	4.2±0.06	3.9±0.07	0.4514	0.6936	0.6936
	60	3.8±0.13	3.9±0.07			
	75	4.0±0.08	3.7±0.09			
Eosinophile (%)	45	3.0±0.08	3.3±0.06	0.1743	0.8135	0.1741
	60	3.1±0.07	2.9±0.03			
	75	2.7±0.04	3.4±0.11			

Tableau 10 : Effet de la race et de l'âge sur le nombre de leucocytes et la numération différentielle des leucocytes (Abdel-kafy et *al.*,2012)

III.1.3.2. La population locale en Algérie et la souche synthétique

Dans le **tableau 11**, on note que la glycémie était plus élevée chez la population locale (+19%). Il est connu, que le glucose augmente en cas de stress thermique, et cette augmentation peut diminuer la capacité des cellules à métaboliser les glucides, ce qui s'accompagne d'une protéolyse comme procédé alternatif pour la production d'énergie. Un taux de glucose plasmatique élevé chez les lapins est généralement dû aux divers facteurs de stress, comme la collecte de sang. Les deux montrent un niveau sanguin similaire de cholestérol et de triglycérides (Belabbas et *al.*, 2019).

Traits	Population locale (n=35)	Souche synthétique (n=35)	ESM	p-valeur
Glucose, mmol/L	7.32	5.92	1.38	<0.0001
Cholesterol, mmol/L	1.80	1.77	0.30	0.744
Triglycerides, mmol/L	1.70	1.77	0.26	0.300
Total proteins, g/L	62.38	63.52	7.94	0.547
Creatinine, μmol/L	93.36	92.22	10.97	0.665
Urea, mmol/L	12.46	12.72	1.41	0.450

Tableau 11 : Paramètres biochimiques de la population locale et souche synthétique (Belabbas et *al.*,2019)

III.2. Toxicité liée à l'administration de certaines substances

III.2.1. Hématotoxicité du monoxyde de fer (Fe₃O₄-NPs)

III.2.1.1. Définition

C'est l'effet toxique des nanoparticules de L'oxyde de fer sur quelques paramètres hématologiques et biochimiques des lapins à deux doses (75 et 150µg/kg/j) par voie orale. La voie de pénétration la plus fréquente en milieu de travail demeure la voie pulmonaire, la voie sanguine représente également une porte d'entrée des NPs dans l'organisme. Les particules ultrafines peuvent franchir les organes extra pulmonaires via la circulation sanguine. Certaines d'entre elles sont transportées le long des nerfs sensitifs voire des axones vers le système nerveux central (Mebarek et Tamrabet.,2016).

III.2.1.2. Variations hématologiques et biochimiques (selon Mebarek et Tamrabet.,2016)

L'étude montre que ce traitement provoque des troubles résumés dans :

- une augmentation très hautement significative de la concentration de la glycémie (hyperglycémie), urée (hyperurémie), TGO, TGP, CT, TG, LDH, CPK, PAL, Bil T, Bil D et l'albumine

- une augmentation très significative de la créatinine.

- une augmentation significative de la protéine totale.

- une diminution significative pour l'acide urique. Donc il y a un grand effet sur ces paramètres, L'élévation de la concentration de l'urée et la créatinine est à relier au dysfonctionnement rénal.

Concernant l'élévation de concentration des transaminases (TGO et TGP), Bil T, Bil D, et PAL, ils sont donc deux bons indicateurs de l'hépatotoxicité.

- une augmentation très significative des GR (**Tableau 12**).

- une augmentation significative de l'Hb chez les lapins traités (**Tableau 13**).

- une diminution significative des GB (**Tableau 14**).

Donc ce qui indique une carence de l'immunité chez les lapins traités par le monoxyde de fer.

Lot expérimental	Témoin	Traité par faible dose (75ug/kg/jour)	Traité par forte dose (150ug/kg/jour)
Nombre des globules rouges (10 ¹²)/L	5.06 ±0.165	5.55 ±0.309	5.92 ±0.366

Tableau 12 : L'effet du monoxyde de fer aux différentes concentrations Sur le nombre globules rouges (10¹²/L) (Mebarek et Tamrabet.,2016)

Lots expérimental	Témoin	Traité par faible dose (75µg/kg/jour)	Traité par forte dose (150µg/kg/jour)
Concentration d'hémoglobine (g/dl)	10.84 ±0.114	12 ±0.830	12.58 ±1.003

Tableau 13 : Effet du monoxyde de fer aux différentes concentrations sur la concentration d'hémoglobine (g/dl) (Mebarek et Tamrabet.,2016)

Lots expérimental	Témoin	Traité par faible dose (75µg/kg/jour)	Traité par forte dose (150µg/kg/jour)
Nombre des globules blancs (10 ⁹ /L)	6.3 ± 0.339	5.44 ± 0.512	5±0.570

Tableau 14 : Effet du monoxyde de fer aux différentes concentrations sur le nombre des globules blancs (Mebarek et Tamrabet.,2016)

III.2.2. L'effet d'éthanol sur les paramètres hématologiques, biochimiques :

III.2.2.1. Définition :

L'éthanol, aussi appelé alcool éthylique, l'alcool pur, l'alcool de grain, ou boire de l'alcool, est un liquide volatile, inflammable et incolore. L'éthanol est toxique pour les cellules sanguines grâce à sa propriété amphiphile, l'éthanol peut diffuser dans tous les cellules sanguines et affecte leurs fluidités membranaires par changement de la perméabilité, en augmentant la solubilité lipidique des membranes (Saihia., 2014).

-Les tests sur les lapines sont faites avec l'utilisation des 3 doses de l'éthanol (2g/kg/j,2.5g/kg/j et 3g/kg/j).

-Les valeurs sont exprimées par moyenne ± erreur standard. *P ≤ 0,05 ; ** P ≤ 0,01.

III.2.2.2. La relation entre l'éthanol et les paramètres hématologiques :

L'administration d'éthanol à entrainer une diminution des globules rouges (**Figure 07**), hémoglobine et hématocrite, avec une augmentation du nombre des plaquettes et des globules blancs.

L'éthanol a un effet gravissime sur le développement des globules rouges et peut les attaquer directement engendrant l'hémolyse.

L'éthanol supprime toutes les branches du système immunitaire, y compris les réponses précoces aux infections et le système de surveillances, puisque les globules blancs sont incapables de fonctionner normalement (Saihia., 2014).

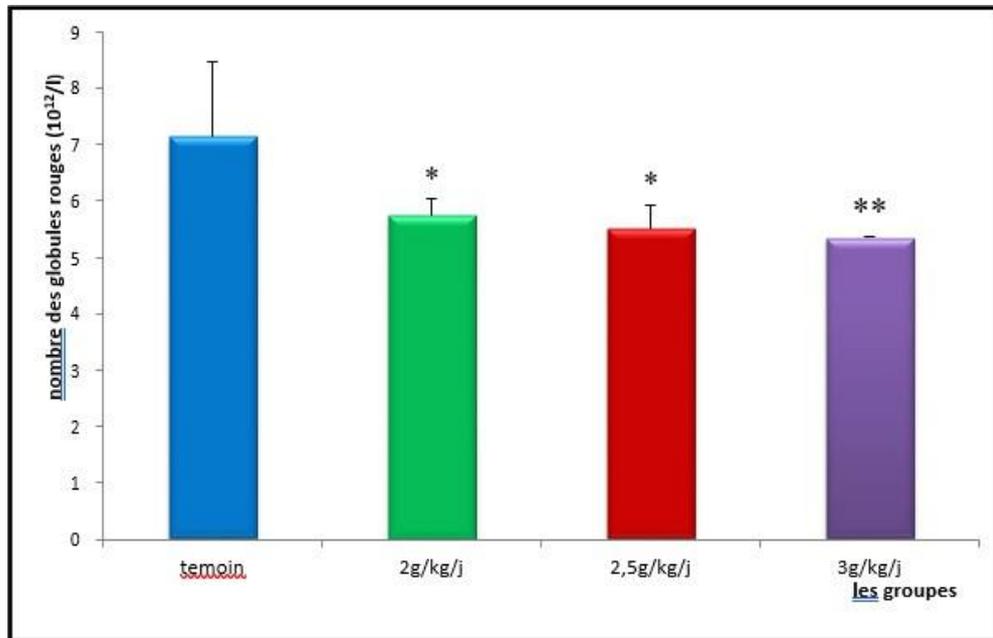


Figure 07 : Le taux des globules rouges des lapins de différents lots (Saihia., 2014)

III.2.2.3. La relation entre l'éthanol et les paramètres biochimiques :

L'éthanol cause une perturbation dans le taux des paramètres biochimiques. Le taux de TGO, TGP, urée, créatinine, albumine, les triglycérides, glucose (Figure 08), le cholestérol (Figure 09), protéines totales et bilirubine a augmenté (Saihia., 2014).

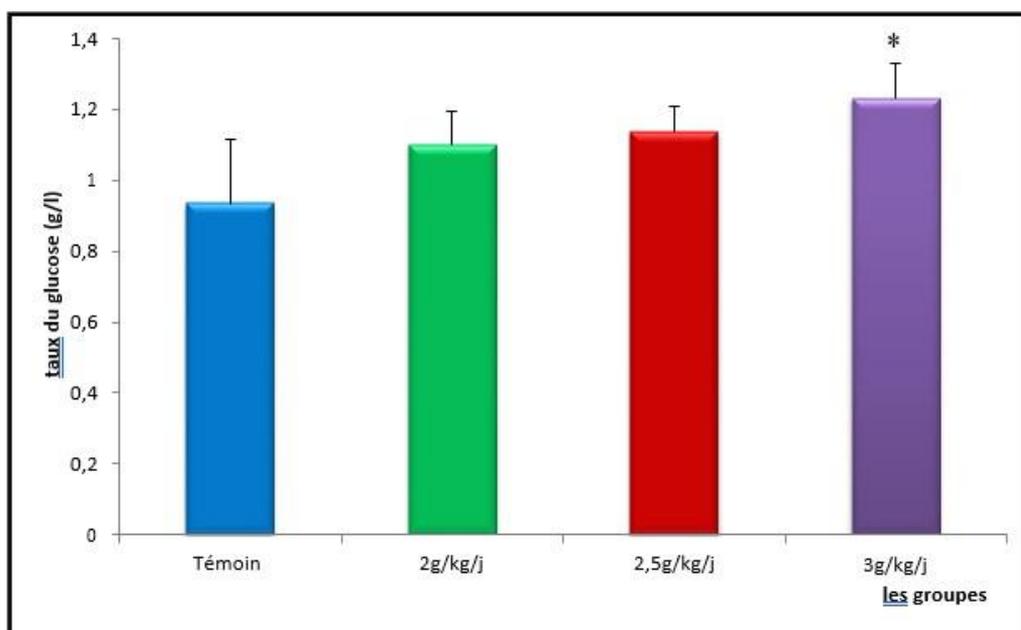


Figure 08 : Le taux du glucose des lapins de différents lots (Saihia., 2014)

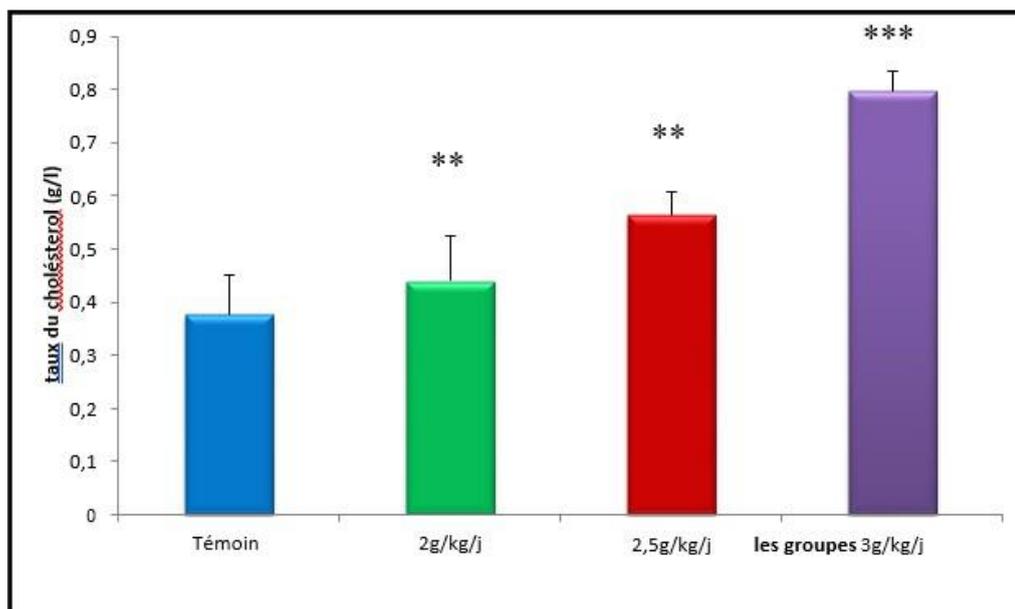


Figure 09 : Le taux du cholestérol des lapins de différents lots (Saihia., 2014)

III.3. Régimes alimentaires particuliers :

III.3.1. L'ingestion d'un fourrage vert tropical

III.3.1.1. Définition

C'est l'ajout d'un fourrage vert *Pueraria phaseoloides*, à un aliment complet en Granulés destiné à améliorer les performances de croissance des lapins et leur digestibilité apparente, l'effet du fourrage sur l'ingestion du lapin varie selon le type de plante. Concernant la FNS les globules rouges n'ont pas été affectés. Cependant, le nombre de globules blancs a augmenté. Des résultats similaires ont été obtenus avec le fourrage vert de *Syndrella nodiflora* (Kimsé et al.,2017).

III.3.1.2. Variations hématologiques

Le nombre de globules blancs était deux fois plus élevé dans le groupe P. phaseoloides que dans le groupe témoin ($P < 0,01$) (Tableau 15). En revanche, il n'y a pas eu d'effet significatif de l'âge sur le nombre de globules blancs entre 50 j et 80 j d'âge (Tableau 15). La concentration moyenne de globules blancs pendant l'expérience était de $5,51 \times 10^9$ cellules/L (Kimsé et al.,2017).

	Diète		Age (Jours)			ESR	Valeur-P		
	C	Pp	50j	60j	80j		Diète	Age	Diète x Age
Nb. Des Lapins	12	12	8	8	8				
GR($\times 10^{12}/L$)	4.1	4.0	5.0b	2.4a	4.9b	0.58	0.35	<0.01	0.77
GB($\times 10^9/L$)	3.9	7.4	7.00	5.4	4.2	2.63	<0.01	0.30	0.24

Tableau 15 : Effet de l'ajout du fourrage (*Pueraria phaseoloides*) au régime des granulés et de l'âge sur les globules rouges et blancs du lapin (Kimsé et *al.*,2017)

III.3.2. Restriction intensive d'une semaine dans l'alimentation d'un lapin en croissance

III.3.2.1. Définition

Un total de 192 lapins Hyplus (ratio mâle et femelle 1 :1) d'âge de sevrage 35 j ont été répartis au hasard en trois groupes expérimentaux (n=64 chacun), le groupe 1 a été nourri *ad libitum* (contrôle), le groupe 2 (R50) a été limité de 42 à 49 jours d'âge (50 g/j/lapin), et le groupe 3 (R65) a été limité de 42 à 49 jours d'âge (65 g/j/lapin). Après la période de restriction, tous les groupes sont retournés à l'alimentation *ad libitum* jusqu'à la fin de l'expérience (70 j de l'âge) (Ebeid et *al.*,2012).

III.3.2.2. L'effet d'une semaine de restriction intensive en alimentation sur les paramètres hématologiques et biochimiques sanguins d'un lapin en croissance

Après la période de restriction, les paramètres hématologiques et biochimiques mentionnés dans le **Tableau 16** et **17** ont été mesurés à une semaine d'intervalle. Les concentrations de glucose dans le plasma sanguin, de protéines totales et d'urée n'ont pas été affectées de manière significative par la restriction alimentaire chez les lapins en croissance. Cependant, la restriction alimentaire a réduit les triacylglycérols du plasma sanguin (-23 % dans le R50 et -16 % dans le R65 par rapport au contrôle, et les acides gras non estérifiés (AGNE, 19 % dans le R50 et 23 % dans le R65) alors que le cholestérol a augmenté (+27 % dans le R50 et +29 % dans le R65 par rapport au contrôle). La restriction de l'alimentation a réduit le nombre d'érythrocytes de 6 et 7 % dans la R50 et la R3 respectivement et la concentration d'hémoglobine de 7 et 5 % dans R50 et R65, respectivement, tandis que le volume cellulaire moyen (VCM) a augmenté de 1,5 et de 2,7 % dans R50 et R65, respectivement. La restriction de l'alimentation n'a pas eu d'effet significatif sur les leucocytes, le nombre et la valeur de l'hématocrite (Ebeid et *al.*,2012).

Chapitre III : Les facteurs de variations de la FNS

Groupe	Age	Glucose	TAG	AGNE	Cholesterol	Proteines	Uree
	(j)	(mmol/l)	(mmol/l)	(mmol/l)	(mmol/l)	(g/l)	(mmol/l)
Ad libitum	49	7.95	0.91	0.61	2.37 c	50.95	7.88
	56	7.93	0.60	0.44	3.69 ab	55.25	7.59
	63	7.29	1.58	0.55	1.30 d	47.51	6.03
	70	8.71	1.34	0.45	1.43 d	54.70	7.79
R50	49	7.63	0.46	0.54	3.31 b	44.46	6.77
	56	7.79	0.48	0.39	4.41 a	50.23	7.55
	63	8.03	1.23	0.35	1.55 d	44.88	6.59
	70	7.09	1.27	0.39	1.95 cd	59.42	7.04
R65	49	6.71	0.56	0.45	4.24 a	49.09	8.09
	56	7.24	0.64	0.48	4.22 a	48.74	7.43
	63	8.35	1.46	0.37	1.56 d	46.58	6.90
	70	8.55	1.07	0.28	1.31 d	50.70	7.46
EQM		<i>1.22</i>	<i>0.41</i>	<i>0.14</i>	<i>0.78</i>	<i>7.21</i>	<i>1.19</i>
P - valeurs	Groupe	0.582	0.048	0.003	0.001	0.158	0.252
	Age	0.337	0.001	0.001	0.001	0.001	0.007
	Groupe x Age	0.053	0.591	0.129	0.007	0.127	0.352

R50 : Restriction 42-49 j d'age (50 g/j/lapin), R65 : Restriction 42-49 j d'age (65 g/j/lapin), EQM : erreur quadratique moyenne, TAG : triacylglycérols, AGNE : Acides Gras Non Estérifié.

Tableau 16 : L'effet d'une restriction alimentaire intensive d'une semaine sur les paramètres biochimiques sanguins des lapins en croissance (Ebeid et *al.*,2012)

Groupes	Age (j)	Leukocytes (G/l)	Erythrocytes (T/l)	Hematocrite %	VCM (fl)	Hemoglobine (g/l)
Ad libitum	49	3.23	5.80	45.38	78.13	12.51
	56	3.80	5.65	42.90	76.00	11.89
	63	4.95	6.10	44.86	73.50	12.36
	70	5.53	6.25	46.03	73.88	12.65
R50	49	2.95	6.20	47.66	77.25	13.10
	56	3.58	5.02	38.76	77.25	10.81
	63	3.78	5.46	42.09	77.13	11.23
	70	5.16	5.67	41.04	74.13	12.10
R65	49	3.60	5.70	43.95	77.25	11.91
	56	4.71	5.06	41.04	79.63	11.23
	63	4.70	5.54	42.45	77.00	11.51
	70	5.34	5.76	43.56	75.88	11.95
EQM		<i>1.57</i>	<i>0.61</i>	<i>4.91</i>	<i>3.12</i>	<i>0.94</i>
P - valeurs	Groupe	0.191	0.011	0.113	0.033	0.008
	Age	0.001	0.001	0.013	0.002	0.001
	Groupe x Age	0.218	0.392	0.248	0.095	0.911

R50 : Restriction 42-49 j d'age (50 g/j/lapin), R65 : Restriction 42-49 j d'age (65 g/j/lapin), EQM : erreur quadratique moyenne, TAG : triacylglycérols, AGNE : Acides Gras Non Estérifié. VCM : Volume Cellulaire Moyen.

Tableau 17 : L'effet d'une restriction alimentaire intensive d'une semaine sur les paramètres hématologiques des lapins en croissance (Ebeid et *al.*,2012)

III.3.3. Réponse hématologique et sérique biochimique des lapins en croissance nourris avec des niveaux gradués de *Moringa oleifera* :

III.3.3.1. Définition :

Certain pays commencent à augmenter la consommation de la viande de lapin à cause de la courte génération intervalle. Pour couvrir cette grande population de lapins en fourrage, l'idée d'utiliser *Moringa oleifera* a été considérée. Le Moringa est un arbuste/arbre polyvalent, c'est un arbre à croissance rapide qui peut atteindre 12m de hauteur à maturité, donnant jusqu'à 1020 tonnes/ha/an lorsqu'elles sont plantées de manière très dense pour être utilisées comme fourrage (Ewuola et al., 2012).

III.3.3.2. L'effet de *Moringa oleifera* sur les valeurs hématologiques et biochimiques :

Composants	T1 (0% MOLM)	T2 (5% MOLM)	T3 (10% MOLM)	T4 (15% MOLM)	Niveau P	EQM(MSE)
HCT (l)	0.31	0.31	0.38	0.33	0.47	0.007
GR (10¹²/l)	2.80	3.62	3.93	3.67	0.17	6.2
HB (mmol/l)	6.32	6.40	7.84	6.89	0.47	2.8
GB (10⁹/l)	5.89	7.91	7.61	7.78	0.43	4.6
VCM (fl)	1.10	0.92	0.99	0.92	0.73	0.079
HCM (fmol)	0.23	0.149	0.20	0.19	0.73	0.0034
CMHC (mmol)	2.06	2.07	2.06	2.06	0.73	0.00008
Neutrophiles (%)	34.8 ^a	25.2 ^b	27.8 ^{ab}	28.0 ^{ab}	0.13	39.0
Lymphocytes (%)	60.6	69.6	68.4	67.2	0.24	52.1
Eosinophiles (%)	2.20	2.00	1.20	2.40	0.62	2.3
Monocytes	2.40	2.40	2.60	2.40	0.99	1.3
Plaquettes (10⁹/l)	125	170	173	158	0.32	19.0

*Moyennes pour neuf lapins par groupe. ab - les moyennes dans la même ligne avec un exposant différent sont significativement différents (P<0,05).

Tableau 18 : Valeurs hématologiques des lapins nourris avec un niveau gradué de farine de feuilles de moringa (Ewuola et al., 2012)

Composants	T1 (0% MOLM)	T2 (5% MOLM)	T3 (10% MOLM)	T4 (15% MOLM)	Niveau P	EQM(MSE)
Protéines totale	8.00	7.35	7.28	6.61	0.41	1.597
Albumine (l)	0.07	0.06	0.06	0.05	0.16	1.12
Globulin (l)	7.93	7.29	7.22	6.56	0.30	1.24
AST (µmol)	0.14	0.16	0.17	0.12	0.89	0.010
ALT (µmol)	0.18	0.18	0.17	0.14	0.19	0.0009
ALP (nmol/s/l)	2.41	2.54	2.55	2.39	0.84	0.129
Urée (mmol/l)	5.90	6.41	6.08	7.22	0.28	1.22
Créatinine (µmol)	92.9	98.3	85.4	80.6	0.23	0.074
Cholestérol (mmol/l)	3.99	4.11	3.91	3.62	0.86	0.856
Glucose (mg/dl)	142	119	114	125	0.30	5.73

*Moyennes pour neuf lapins par groupe. AST= Aspartate amino transférase, ALT= Alanine amino transférase, ALP= Alcaline phosphatase.

Tableau 19 : Valeurs biochimiques des lapins nourris avec un niveau gradué de farine de feuilles de moringa (Ewuola et *al.*, 2012)

Tous les paramètres hématologiques mesurés dans le **Tableau 18** se situent dans les valeurs physiologiques normales signalées pour les lapins, plus particulièrement l'hémoglobine, l'hématocrite, les globules blancs, les neutrophiles, les lymphocytes et les éosinophiles. Le HCT, GR, HB, GB, VCM, HCM, CMHC, les plaquettes et les numérations leucocytaires différentielles des lapins nourris avec des régimes testés n'ont pas été influencé de manière significative par les traitements diététiques, à l'exception des neutrophiles qui ont été plus élevé chez les lapins nourris au régime témoin (+10 unités) que chez ceux qui sont en T2. Il n'y a pas eu de différences significatives dans les valeurs moyennes (**Tableau 19**) des différents composants biochimiques des lapins étudiés (Ewuola et *al.*, 2012).

Cette étude a permis de conclure que la farine de feuilles de Moringa oleifera n'affectait pas le profil biochimique sanguin ni l'hématologie et la biochimie du sérum des lapins (Ewuola et *al.*, 2012).

III.4. Le sang de lapins normaux comme indice de leur résistance à un néoplasme transplantable

III.4.1. Définition

Un néoplasme malin a été choisi comme maladie. L'étude a démontré que Les animaux les plus résistants à la maladie maligne avait, avant l'inoculation, un nombre normal de globules rouges et blancs, un taux d'hémoglobine normal, un nombre élevé d'éosinophiles et faible nombre de monocytes et lymphocytes.

Les relations entre les neutrophiles et les basophiles, les comptages étaient irréguliers, mais les valeurs normales semblaient également être associées à une plus grande résistance (Albert et al.,1931).

III.4.2. La relation entre la valeur des cellules sanguines des lapins et la malignité

Dans la **Figure 10**, les lapins ayant une moyenne de nombre de globules rouges variant entre 5 000 000 et 5 500000 par c.mm avant l'inoculation étaient les animaux les plus résistants à la tumeur (Albert et al.,1931).

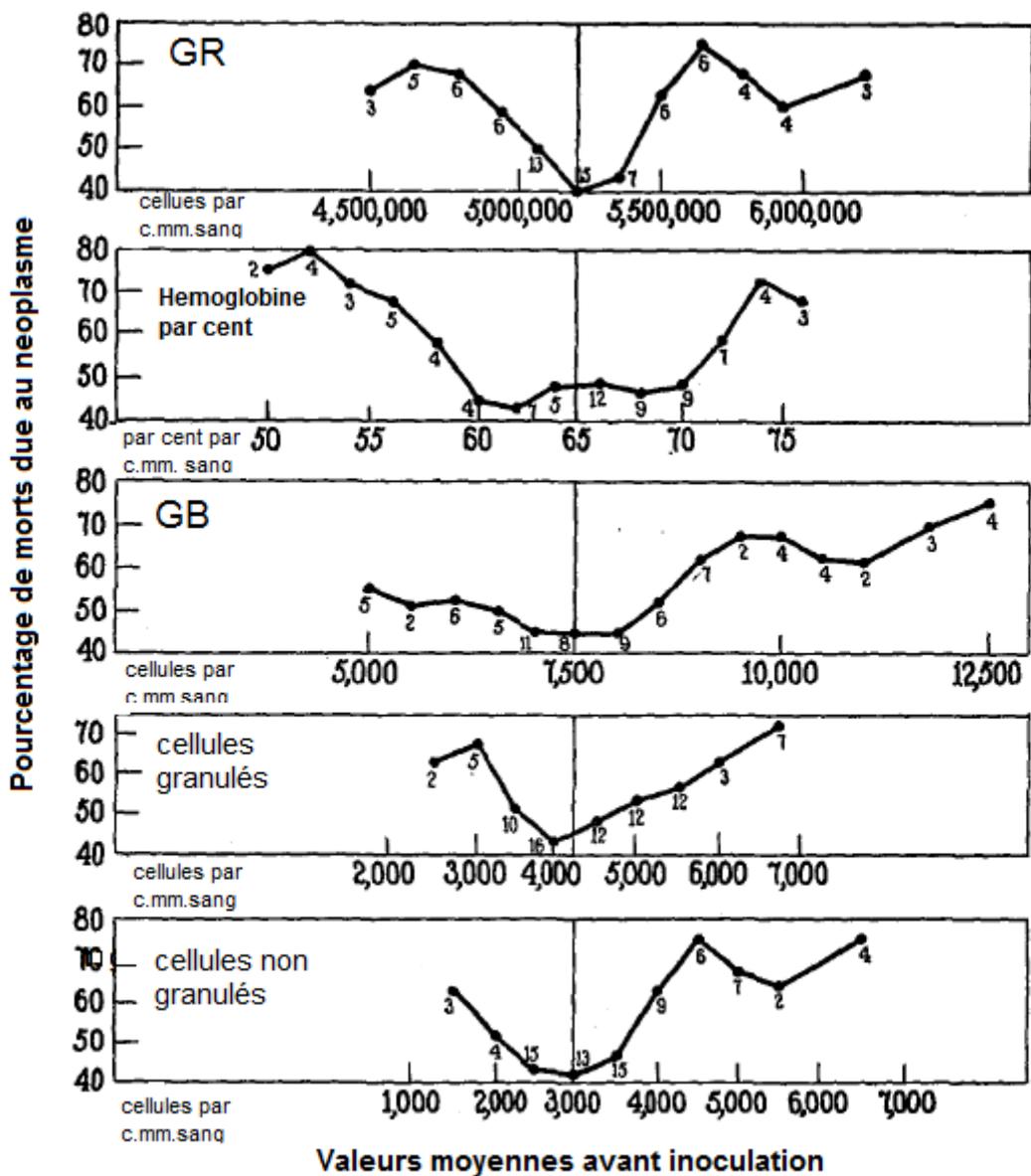


Figure 10 : La relation entre la cytologie sanguine avant l'inoculation et là l'évolution de la maladie maligne (Albert et al.,1931)

Chapitre III : Les facteurs de variations de la FNS

Les valeurs de la teneur en hémoglobine montrent que les lapins qui étaient les plus résistants avaient des valeurs moyennes d'hémoglobine avant l'inoculation entre 60 et 70 pour cent (**Figure 10**).

Parmi les animaux avec un taux d'hémoglobine normale, le taux de mortalité était de 45 % et parmi ceux dont les valeurs sont anormales, le taux de mortalité réel et probable était 75 % (Albert et *al.*,1931).

Les lapins les plus résistants avaient un nombre moyen de globules blancs avant inoculation compris entre 6 500 et 8 000 par c.mm. (**Figure 10**). Les animaux dont le nombre moyen de globules blancs inférieur à 6 500 avaient tendance à être légèrement plus sensibles aux tumeurs que ceux qui se trouvaient dans les limites modales. Les animaux dont le nombre de globules blancs était supérieur à 9 000 étaient nettement plus sensibles que ceux dont le nombre était faible et normal (Albert et *al.*,1931).

La moyenne normale du nombre total de granulocytes avant l'inoculation avait tendance à résister aux tumeurs alors qu'un grand et un faible nombre de granulocytes a été associé à une plus grande sensibilité. (**Figure 10**). Les lapins les plus résistants avaient un nombre moyen de granulocytes avant l'inoculation compris entre 3 750 et 4 250 cellules par c.mm (Albert et *al.*,1931).

Les cellules totales non granulees du sang avant l'inoculation semblaient également liées à l'issue de la maladie maligne. Les lapins les plus résistants avaient des valeurs avant inoculation comprises entre 2.350 et 3.750 cellules par c.mm (**Figure 10**) (Albert et *al.*,1931).

III.5. L'effet de l'exposition à la chaleur sur la chimie sanguine du lapin hyperthermique :

III.5.1. Définition :

Deux heures d'exposition au stress thermique ont entraîné une hyperthermie chez les lapins (*Oryctolagus cuniculus*). Concernant la chaleur, il a été constaté que les changements dans les concentrations d'électrolytes, de métabolites et d'enzymes sont clairement différentes de celles que l'on trouve chez les mammifères exposées à une légère hyperthermie. Les changements dans les composants sanguins au cours de l'hyperthermie indiquent fortement un grave endommagement de divers tissus corporels et l'altération de la fonction des organes (Marder et *al.*, 1990).

III.5.2. L'effet de la chaleur sur les valeurs des électrolytes, métabolites et enzymes :

Le **Tableau 20** montre l'évolution des concentrations des constituants du sérum. L'étude a constaté une importante augmentation (27%) de l'osmolarité de $267,2 \pm 7,4$ jusqu' à $338,4 \pm 20,8$ meq/l et aussi des modifications importantes des électrolytes (Na^+ , K^+) et des métabolites (glucose, globuline, azote uréique sanguin). Le changement le plus important a été observé au niveau du glucose, dont la concentration a augmenté de $103,8 \pm 13,0$ mg % à $348,8 \pm 85,1$ mg % pendant une hyperthermie extrême. Les augmentations significatives des électrolytes et des métabolites reflètent une déshydratation due à une hyperthermie sévère (Marder et *al.*, 1990).

	Normale	Hyperthermie
Electrolytes		
Na⁺ (meq/l)	137.8±2.4	148.1±6.5**
K⁺ (meq/l)	3.8±0.2	7.3±2.9**
Cl⁻ (meq/l)	102.6±10.1	103.8±4.9
Phosphate inorganique (mg%)	4.3±1.5	6.8±2.4
Ca²⁺	12.8±1.4	14.7±2.6
Osmolarité (meq/l)	267.2±7.4	338±20.8**
Métabolites		
Glucose (mg%)	103.8±13.0	348.8±85.1**
Cholestérol (mg%)	132.4±66.9	132.0±64.9
BUN (mg%)	22.0±8.4	39.9±11.3**
Acide Urique (mg%)	0.7±1.2	1.7±0.8
Albumine (g%)	3.5±0.3	3.8±0.4
Globulin (g%)	2.7±0.3	3.6±0.6**
Protéines total (g%)	6.2±0.6	7.4±0.5**
Créatinine (mg%)	1.6±0.7	3.4±1.5*
Enzymes		
Alcaline phosphatase(mu/ml)	77.8 ± 32.6	66.5 ± 20.3
LDH (mu/ml)	290.0 ± 66.1	350.7 ± 135.4
GOT (mu/ml)	29.6 ± 33.2	100.9 ± 55.2.

BUN = Blood urea nitrogen (l'azote uréique sanguin.) LDH = déshydrogénase lactique ; GOT = glutamique-oxaloacétique transaminase. *P < 0.05, **P < 0.02

Tableau 20 : Moyennes (±SD) des concentrations des constituants du sérum mesurée chez des lapins bédouins normaux et hyperthermiques exposés à 42-44 °C T_a (Marder et *al.*, 1990)

III.6. Carences en vitamines

III.6.1. Carence en vitamine D

III.6.1.1 Définition

La « vitamine du soleil » ou vitamine D3 a un rôle actif dans la santé des os, des muscles et de l'immunité, et joue aussi un rôle protecteur vis-à-vis de certaines maladies et cancers. Malgré son rôle important, la vitamine D n'est pas présente naturellement dans l'organisme des mammifères et de l'homme. Elle est absente aussi dans la plupart des aliments, ou en petites quantités seulement. Seul les rayons de soleil ultraviolets UVB (270–300 nm) d'un indice minimal de 3 permettent d'activer la transformation du précurseur 7-déhydrocholestérol présent dans les kératinocytes en une molécule que le corps peut absorber : la vitamine D3 (vit D) (Van praag., 2014).

III.6.1.2. Analyse biochimique

Les résultats dans le **Tableau 21** montre que le niveau des enzymes hydrolysant un groupe phosphate d'une molécule organique - la phosphatase alcaline sérique (PAL), est très élevée. Les taux de 2 autres marqueurs sont souvent trop bas : le phosphate sérique et le calcium sérique. Ensemble, les niveaux anormaux de ces trois marqueurs (PAL, phosphate et calcium) sont indicatifs d'une carence en vit D. Chez les lapins, ces modifications sont accompagnées d'un taux de glucose sanguin élevé alors que celui du cholestérol est bas. Le taux de la globuline est aussi bas, alors que celui de l'albumine, est normal. La créatine phosphokinase (CPK) est parfois très élevée (Van praag., 2014).

III.6.1.3. Analyses hématologiques

Plus la carence est marquée, plus le taux d'hémoglobine est bas (anémie) (**Tableau 21**) due à un métabolisme du fer déficient et un nombre de plaquettes très élevé. Un manque de vit D affecte aussi les globules blancs. Les lymphocytes sont peu nombreux. Plus la carence en vit D est prononcée, plus le niveau de cellules éosinophiles est élevé. Il ne faut donc pas conclure hâtivement que le taux élevé d'éosinophiles est le signe d'une infection parasitaire, mais plutôt le signe d'une inflammation. En conclusion, une carence en vit D a des conséquences similaires en matière de santé de l'homme que celle du lapin : déminéralisation des os, métabolisme du fer déficient et anémie, atteinte à l'immunité et inflammation, faiblesse musculaire et troubles cardiovasculaires (Van praag., 2014).

Chapitre III : Les facteurs de variations de la FNS

Analyse de sang - Lapin n°3 âgé de 4 ans							
	2008		2010		2012		Référence
Globules blancs		7.8		5.8		5.7	5-12K/ μ l
Hétérophiles		-	Bas	2262		3249	2275-9759/ μ l
Monocytes		116		156		456	0-850/ μ l
Lymphocytes		5304		3828		1938	1500-7000/ μ l
Eosinophiles		0		0		57	0-100/ μ l
Globules rouges		6.6		5.8		6.6	5.0-8.0 10^6 / μ l
Hémoglobine		13.8		12.2		14.2	10-15 g/dl
Hématocrite		39	Bas	35		43	36-48%
Volume globulaire moyen	Bas	60	Bas	59		65	65-75 mm ³
Teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine	Elevé	21	Elevé	20.8	Elevé	21.8	12.5-17.5 pg
Plaquettes		-		-		-	200-500 K/ μ l
Paramètres biochimiques							
Phosphatase alcaline sérique	Elevé	54	Elevé	89		46	4-20 IU/l
ALT	Bas	39		21		21	48-70 U/l
AST	Bas	13	Bas	17		12	33-99U/l
BUN		19		24		20	17-24 mg/dl
Glucose	Elevé	174		116		115	108-160mg/dl
Cholestérol		35		40		33	24-65 mg/dl
Bilirubine	Bas	0.1	Bas	0.1	Bas	0.1	0.2-0.8 mg/dl
Albumine	Elevé	3.7	Elevé	4.2		3.8	2.7-3.6 g/dl
Globuline	Bas	1.8	Bas	1.7	Bas	2.1	2.9-4.9 g/dl
Calcium		12.3		13.7		12.9	8-15.5 mg/dl
Phosphore	Bas	3-3		4.5	Bas	3.9	4.4-7.2
Potassium		4.3		5.2		5.0	4.3-5.8 mEq/l

Tableau 21 : Paramètres présentant des modifications chez le lapin castré n°3 âgé de 4 ans sans exposition au soleil. Il présente un début de carence en vitamine D avec des signes primaire de maladie osseuse (Van praag., 2014)

III.6.2. Déficience en acide folique (vit B9) d'origine médicamenteuse chez un mini bélier hydrocéphale

III.6.2.1. Définition

L'administration du lévétiracétam, un anticonvulsif, et de l'antibiotique triméthoprim-sulfaméthoxazole, peut entraîner une déficience en acide folique chez un bélier hydrocéphale souffrant de crises épileptiques partielles. En cas de déficience sévère, le niveau des globules blancs et de plaquettes sanguines est également affecté et diminue (Van praag., 2015).

III.6.2.2. L'effet du lévétiracétam et de triméthoprim-sulfaméthoxazole sur la formule sanguine

Le lévétiracétam est parfois associé avec des réactions adverses sérieuses : baisse du nombre de globules blancs totaux (leucopénie), des granulocytes neutrophiles (neutrophilie) et des plaquettes (pancytopénie) avec une possible dépression de la moelle osseuse, réduction du nombre de globules rouges, diminution des niveaux des vitamines B8 (biotine), B9 (acide folique) et B12.

Certains antibiotiques comme le triméthoprim-Sulfaméthoxazole interfèrent avec le métabolisme de l'acide folique, augmentant le risque d'anémie et, dans des cas sévères, de leucopénie. Cet antibiotique peut aussi avoir des effets néphrotoxiques, et affecter le fonctionnement des reins. Dans ce cas, l'élimination d'autres médicaments administrés au patient est retardée. Il en résulte une élévation de leur concentration dans le sang avec de potentiels effets toxiques (Van praag., 2015).

Après une augmentation de la fréquence des crises épileptiques, le lapin bélier a commencé une monothérapie de lévétiracétam. Au départ la dose de cet anti-convulsant était de 100 mg/ml. Comme l'efficacité a diminué avec le temps, la dose a été augmentée (Van praag., 2015).

Au moment du premier hémogramme, le bélier reçoit les médicaments suivants :

- Keppra, 181 mg/ml, TID;
- Gabapentin, sevrage - 0.8 mg/kg, BID;
- Siméthicone pour enfant, TID;
- Metacam 0.45-0.6 mg/kg, QD;
- Triméthoprim-Sulfaméthoxazole, 25 mg/kg Sulfa et 5 mg/kg triméthoprim, BID;
- Cisapride, sevrage - 0.35mg/kg, une fois par semaine.

<i>Fonction hépatique</i>		
	Mesure	Normal
ALK phosphatase	35	0-150 U/l
Alanine aminotransférase (ALT)	81	10-110 U/l
Aspartate aminotransférase (AST)	19	< 105 U/l
Albumine	4.2	3.5-5.0 g/dl
Globuline	2.6	1.5-2.7 g/dl
<i>Fonction rénale</i>		
Azote uréique sérique (BUN)	18	6-20 mg/dl
Créatinine	0.9	0.7-2.0 mg/dl
BUN/Créatinine	20	

Tableau 22 : Paramètres biochimiques du premier hémogramme (Van praag., 2015)

	Hémogramme	Valeur de référence	Unités
Globules rouges	5.87	4.37-6.21	10 ⁶ /μl
MCHC	33.1	30.0-36.1	g/dl
Polychromasie	modérée		
Globules blancs	4.8	5.0-11.8	10 ³ /μl
Monocytes	7	1-6	%
Neutrophiles segmentés	2.7	3.28-6.22	10 ³ /μl
Lymphocytes	1.6	2.42-4.62	10 ³ /μl

Tableau 23 : Résultats du premier hémogramme réalisé 3 jours après l'administration de lévétiracétam chez un bélier hydrocéphale souffrant de crises épileptiques partielles (Van praag., 2015)

A1.Paramètres biochimiques :

Les valeurs biochimiques des fonctions hépatiques et rénales sont dans les normes (**Tableau 22**).

L'antibiotique triméthoprim-sulfaméthoxazole ne cause pas de dysfonctionnement du foie et des reins. Le seul paramètre anormal est celui du phosphore, qui présente un niveau trop bas (2.6 mg/dl, normal : 4-6 mg/dl) (Van praag., 2015).

B1.Paramètres hématologiques :

Il n'y a aucun changement au niveau des érythrocytes. Un test hématologique a révélé des changements des niveaux de globules blancs spécifiques (**Tableau 23**) :

-Monocytose : le nombre de monocytes est élevé, ce qui est indicatif de lésion de la moelle osseuse.

-Neutropénie : un nombre bas de neutrophiles est indicatif d'une affection sévère de la moelle osseuse ou être secondaire à l'administration de pénicilline, du triméthoprim-sulfa ou du lévétiracétam.

-Lymphopénie : un nombre très bas de lymphocytes est observé en cas d'une insuffisance immunitaire ou être d'origine médicamenteuse, comme le lévétiracétam (Van praag., 2015).

<i>Paramètres biochimiques de l'hémogramme 2</i>		
ALK phosphatase	33	U/I
Alanine aminotransférase (ALT)	223	20-109 U/I
Aspartate aminotransférase (AST)	-	
Globuline	4.7	g/dl

Tableau 24 : Paramètres biochimiques du deuxième hémogramme (Van praag., 2015)

	Hémogramme	Valeur de référence	Unités
Globules rouges	6.18	5-00-9.0	10¹²/l
Hémoglobine	11.4	12.7-16.3	g/dl
MCHC	26.2	30.0-38	g/dl
MCV	70	57-70	
Globules blancs			
Globules blancs	5.02	5.0-11.8	10⁹/l
Monocytes	0.14	0-0.5	10⁹/l
Neutrophiles	2.04	3.28-6.22	10³/µl
Lymphocytes	56.6	0-100	%

Tableau 25 : Résultats du deuxième hémogramme réalisé 54 jours après l'administration de lévétiracétam chez un bélier hydrocéphale souffrant de crises épileptiques partielles
(Van praag., 2015)

A2.Paramètres biochimiques :

Les paramètres biochimiques montrent des changements par rapport au premier test (**Tableau 24**). Ainsi le niveau de l'alanine aminotransférase (ALT) est très élevé. Comme le marqueur ALK phosphatase est normal, une insuffisance hépatique est improbable. Seule, une élévation de l'alanine aminotransférase (ALT) est observée, ce qui est indicatif d'une déficience en acide folique (Van praag., 2015).

B2.Paramètres hématologiques :

L'étude quantitative des globules blancs montrent que les niveaux sont redevenus normaux (**Tableau 25**). Au niveau des globules rouges, il y a une diminution de la quantité d'hémoglobine et de la concentration des globules rouges en hémoglobine (MCHC). La teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine, soit le taux moyen d'hémoglobine par hématie (MCV) est élevée, mais dans les normes (**Tableau 25**). Les valeurs plus basses de l'hémoglobine (HGB) et de la concentration des globules rouges en hémoglobine (MCHC) peuvent indiquer un défaut de maturation des cellules sanguines pro-génitrices dans la moelle osseuse (Van praag., 2015). Ce type d'anémie est observé, entre autres, en cas de :

- Carences en fer, en acide folique (vit B9) et/ou en vitamine B12.
- Médicaments.

Le traitement antibiotique a été arrêté 14 jours après le premier hémogramme. Néanmoins, 51 jours après le premier hémogramme, le bélier est toujours administré le lévétiracétam. L'analyse des bilans sanguins permettent de conclure qu'il souffre d'une déficience sévère en acide folique causée par l'anti-convulsant lévétiracétam ou par l'antibiotique triméthoprime-sulfa ou par un effet additif des deux médicaments (Van praag., 2015).

III.7. D'autres facteurs de variations

Les aberrations du leucogramme du lapin peuvent être plus difficiles à interpréter que celles de la plupart des animaux de compagnie. Les lapins ne développent généralement pas de leucocytose avec des infections bactériennes, mais peuvent présenter un rapport hétérophile inverse : lymphocytes (H : L). L'interprétation du leucogramme est compliquée par la similitude d'un rapport (H : L) inverse qui se produit secondaire à toute source de stress (cortisol), y compris le stress du transport ou toute maladie chronique. Les événements stressants, tels que ceux liés au transport, peuvent durer de 24 à 48 heures. Les processus de ponction veineuse et de prélèvement sanguin ne semblent pas avoir ces effets. Le stress (libération de cortisol endogène) ne doit pas être confondu avec une excitation (épinéphrine). Libération). L'excitation devrait provoquer une lymphocytose, tandis que le stress peut entraîner une lymphopénie. La présence d'autres signes systémiques de maladie, comme la fièvre ou des changements toxiques, peut aider à déterminer si les changements de leucogramme sont dus à des causes infectieuses (Lester et *al.*,2005).

En raison de la similitude de la fonction cellulaire entre les espèces, d'autres changements dans le leucogramme peuvent avoir les mêmes étiologies générales. Une leucocytose peut survenir avec un lymphosarcome, en particulier si des lymphocytes anormaux sont présents dans le frottis sanguin coloré. La leucopénie, en particulier la lymphopénie, peut indiquer une maladie chronique. Le parasitisme chronique peut provoquer l'éosinophilie. La monocytose, si elle est présente, suggère une inflammation chronique (Lester et *al.*,2005).

Les lapins peuvent avoir une maladie génétique autosomique dominante rare appelée anomalie de Pelger-Huët, qui a également été décrite chez les humains, les chiens et les chats. Cette anomalie est caractérisée par une hyposegmentation nucléaire granulocytaire avec rétention d'un motif de chromatine grossier et mature. Les animaux affectés sont généralement des hétérozygotes. L'état homozygote de l'anomalie de Pelger-Huët est généralement mortel in utero ; cependant, les rares lapins survivants ont des granulocytes avec un noyau rond à ovale et un modèle de chromatine extrêmement grossier, de graves déformations squelettiques, y compris la dyschondroplasie, et un taux de mortalité néonatale accru (Lester et *al.*,2005).

Conclusion

Notre travail a été fait à cause du manque d'une bibliographie propre à la formule sanguine chez le lapin en général et selon les différentes races et populations ; ainsi que ses facteurs de variations.

Les variations qui ont pu être mises en évidence sont en fonction du sexe, l'âge et la race, le résultat déterminé rapproche le lapin de la plupart des autres rongeurs.

-la toxicité liée à certaines substances comme : le monoxyde du fer qui indique une hématotoxicité et une déficience de l'immunité chez les lapins, l'éthanol qui provoque aussi de nombreuses perturbations des fonctions de l'organisme

-un régime alimentaire particuliers comme l'ajout d'un fourrage vert ou l'application d'une restriction stricte de l'alimentation pendant une semaine qui a amélioré le taux de conversion, a eu un effet limité sur le poids corporel et a réduit le taux plasmatique des TAG et AGNE.

-en fonction d'une néoplasie, d'après les résultats il semble possible de prédire avec une précision de 80 à 90% la résistance ou la sensibilité des lapins à la tumeur.

-la chaleur qui provoque des changements dans les concentrations d'électrolytes, de métabolites et d'enzymes.

-une carence en vitamines comme la vitamine D et la vitamine B9 (acide folique).

Donc à partir de ces résultats, pour bien entretenir la santé du lapin, il faut faire attention aux facteurs nocifs et aux facteurs bienfaisants dans le but d'améliorer les performances de production et de reproduction.

Référence Bibliographiques

ALBERT E. CASEY, M.D., AND LOUISE PEARCE, M.D. 1931. Studies on the blood cytology of the rabbit.VIII. the blood of normal rabbits as an index of their resistance to a transplantable neoplasm. Laboratories of The Rockefeller Institute for Medical Research.P225.P230.

Abdel-Kafy, E.M., Hoda Shabaan M.A., El-Sayed A.F.M., Azoz. A.A.A., Abdel-Latif A. M. 2012. Genotype and age effects on immunity traits, corticosterone and oxidative status in growing rabbits. Animal Production Research Institute. World Rabbit Science Association.Egypt . P107. P109.

ADILI, N.2007. Etude morphométrique des globules rouges des ruminants domestiques. Mémoire de Magister en Sciences Vétérinaires . Université el-hadj lakhdar- Batna Faculté des Sciences Département Vétérinaire. 71p.

Abdellah Ismail .2019. Caractérisation de la production laitière et ses facteurs de variation chez les lapines de souches synthétique. Projet de fin d'étude , Institut des sciences vétérinaires , Saad Dahlab-Blida1.2018/2019.

Belabbas R, de la Luz García ML, Ainbaziz H, Benali N, Berbar A, Boumahdi Z, Argente MJ .2019. Growth performances, carcass traits, meat quality, and blood metabolic parameters in rabbits of local Algerian population and synthetic line. *Veterinary World*, 12(1): 55-62.

CHEKIKENE A.H.2015.Etude rétrospective et cinétique du progrès génétique des performances de reproduction de la souche synthétique ITEL V2006. Thèse de magistère en Amélioration génétique et reproduction des animaux, Ecole nationale supérieure vétérinaire El-Harrach –Alger. 612/DPGRS/2014

Chibah-A-B.K et Zerrouki-D.N.2015. Effets de la taille de portée à la naissance et du nombre de lapereaux allaités sur les aptitudes laitières des lapines de deux génotypes et sur la croissance des lapereaux avant sevrage. *Livestock Research for Rural Development* 27 (11) 2015.

Combes S.,2004.Valeur nutritionnelle de la viande de lapin..INRA Production Animale 2004, 17 (5),373-383

DESCAT F.,2001 . Hématologie du rat : hémogramme et myélogramme . Thèse . Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse . ENVT. P21

Ebeid T., Tůmová E., Volek, Z.2012. Effects of a one week intensive feed restriction in the growing rabbit: part 1 - performance and blood biochemical parameters. World Rabbit Science Association.Egypt . P607-P611.

Ewuola E.O., Jimoh O.A., Atuma O.V., Soipe O.D.2012. Haematological and serum biochemical response of growing rabbits fed graded levels of *moringa oleifera* leaf meal. World Rabbit Science Association.Egypt . P679-P683.

Fédération Française de Cuniculiculture. Connaissons le lapin.

<https://www.ffc.asso.fr/ffc/documentation/decouvrons-le-lapin/connaissons-le-lapin> (consulté le 25 décembre 2019)

FAROUGOU.S, M. KPODEKON, F. LOKO, O. H. D. BRAHI, B. AGNIWO et Y. DJAGO. 2007. Valeurs usuelles des principaux paramètres biochimiques sériques chez le lapin (*Oryctolagus cuniculus*) élevé au Bénin. Revue Africaine de Santé et de Productions Animales. Vol.5, N0 1-2.

FRIEDLANA R.A.; KRAMER J.W. et RICHARD P. 1970. Use of serum enzymes as aids to diagnosis. Adv. Vet. Sci., 14 : 61-105

GACEM ,M.,et BOLET ,G.,2005. Création d'une lignée issue du croisement entre une population locale et une souche européenne pour améliorer la production cunicole en Algérie . 11èmes Journées de la Recherche Cunicole, 29-30 novembre 2005, Paris.

Gacem, M., Zerrouki, N., Lebas, F., et Bolet,G.,2009. Comparaison des performances de reproduction d'une souche synthétique de lapin avec deux populations locales disponibles en Algérie.13èmes Journées de la Recherche Cunicole,(17-18Novembre)(2009), Le mans, France.

JONES T.T., 1975. Normal values for some biochemical constituents in rabbits. Lab. Anim., 9 : 143-147

Kohel P.F., 1994.Etude comparative d'élevages cunicoles à haute et faible performances, 6èmes Journ.Rech.Cuni. La Rochelle 6-7 Dec.,vol2,481-485.

KIMSÉ M., YAPI Y.M., KARAMOKO M., GIDENNE T., ZONGO M., GNANDA B.I., AKOUTEY A., BODJI N.C., FANTODJI A., OTCHOUMOU A. 2017. Effect of tropical green forage pueraria phaseoloides addition to a pelleted complete feed on rabbit growth performance and digestion. World Rabbit Sci. P475. P491

LECOMTE, E. 2014. Elaboration d'un support pédagogique multimédia sur les principales techniques de prélèvement chez certaines espèces de nouveaux animaux de compagnie. Thèse de Doctorat en Sciences Vétérinaires. Ecole nationale vétérinaire d'Alfort. 72p.

LEBAS F. 2002. Biologie du Lapin. La circulation sanguine.

<http://www.cuniculture.info/Docs/indexbiol.htm> (consulté le 27 décembre 2019)

LEPITZJI D.A et WOOLF A., 1991. Hematology and serum chemistry of cottontail rabbits of southern Illinois. Journal of Wildlife Diseases, 27 : 643-649.

Lebas F.,2000. Physiologie générale du lapin. Association française de cuniculture.P°54-55.

MEBAREK O., TAMRABET A.,2016 . Hématotoxicité de monoxyde de fer (Fe₃O₄-NPs) chez les lapins (*Oryctolagus cuniculus*). Mémoire de Master toxicologie . Université de Larbi Tébessi –Tébessa-. FSES NV. P36-38. P6. P9. P56.

MARDER.J ,U . EYLATH,*E . MOSKOVITZ , R. SNARIR. 1990. The effect of heat exposure on blood chemistry of the hyperthermic rabbit. Camp. Biochem. Physiol. Vol. 97A, No. 2, PP. 245-247

MEDIRABBIT. Analyse de sang complète et valeurs de référence de biochimie sanguine [.http://www.medirabbit.com/FR/Hematologie/Biochimie/blood_chemistry_fr.htm](http://www.medirabbit.com/FR/Hematologie/Biochimie/blood_chemistry_fr.htm) (consulté le 15 décembre 2019)

MAGAT A., 1977. Les principes du profil métabolique et son utilisation en médecine vétérinaire. Rev. Méd. Vét., 128 : 763-777

PERRIER J.M., 1977. Utilisation des profils métaboliques en pratique vétérinaire. Rev. Méd. Vét., 128 : 896-897.

SAIHIA, A.2014. L'effet d'éthanol sur les paramètres hématologiques, biochimiques et les paramètres de la reproduction chez le lapin mâle *Oryctolagus Cuniculus*. Thèse de Doctorat en Biologie. Université Badji-Mokhtar ANNABA, Faculte des Science, Departement de Biologie. 109p.

SAKANDE J.; AHIBOH H.; EDJEME A. et YAPO A.E., 2003. Etude de la tolérance biologique d'une plante à activité antiplasmodiale *Momordica charantia* (Cucurbitaceae). Mali Médical, XVIII : 1-4.

Sid, S, Benyoucef, M T, Mefti Korteby, H et Boudjenah ,H.,2018. Performances de reproduction des lapines de souche synthétique et de population blanche en Algérie. Livestock Research for Rural Development 30 (7) 2018

VANESSA K. LESTER, HEATHER L. TARPLEY, KENNETH S. LATIMER. 2005. Small Mammal Hematology: Leukocyte Identification in Rabbits and Guinea Pigs. Department of Pathology ,College of Veterinary Medicine, University of Georgia, Athens.

Van Praag, E. 2014. Carence en vitamine D chez les lapins. 10.13140/2.1.2961.1521.
http://www.medirabbit.com/FR/Nouveau/Res_Gate_main_fr.htm (consulté le 13 juin 2020)

Van Praag, E. 2015. Déficience en acide folique (vit B9) d'origine médicamenteuse chez un mini bélier hydrocéphale. http://www.medirabbit.com/FR/Hematologie/hematology_main_fr.htm (consulté le 14 juin 2020)

WOLFORD S.T.; SCHROER R.A.; GOHS F. X.; GALLO P.P.; BRODECK M. ; FALK H. B. et RUHREN R. 1986. Reference range data base for serum chemistry and hematology values in laboratory animals. J. Toxicol. Environ. Health, 18 : 161-88.

Zerrouki N, Lebas F, Gacem M, Meftah I and Bolet G .2014 Reproduction performances of a synthetic rabbit line and rabbits of local populations in Algeria, in 2 breeding locations. World Rabbit Sci. 2014, 22: 269-278