

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE IBN KHALDOUN DE TIARET
INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES



THÈSE
En vue de l'obtention du diplôme
De DOCTORAT EN SCIENCES VETERINAIRES

Présentée par
M. SAIM MOHAMED SAID

THEME:
CONTRIBUTION A L'ETUDE DU DIAGNOSTIC
DE L'INFERTILITE CHEZ LE CHEVAL EN ALGERIE

Devant le jury composé de:

Nom et prénom	Grade	Affiliation	Qualité
AGGAD Hebib	Professeur	Université de Tiaret	Président
BENALLOU Bouabdellah	Professeur	Université de Tiaret	Directeur de Thèse
ABDELHADI Siameur	Professeur	Université de Tiaret	Codirecteur de Thèse
MEZIANE Toufik	Professeur	Université de Batna	Examineur
BENMAKHLOUF Abdelmalek	Professeur	Université de Constantine	Examineur
BENSUILAH Mourad	Professeur	Université d'Annaba	Examineur

Année Universitaire 2018-2019.

Remerciement

AU DIEU le tout puissant pour m'avoir facilité ce travail

A MON DIRECTEUR DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR BENALLOU BOUABDELLAH

- Professeur spécialiste en reproduction
- Directeur de l'Institut des Sciences Vétérinaires de Tiaret.
- Chef d'équipe reproduction équine au niveau du laboratoire de reproduction des animaux de la ferme.

Nous vous reconnaissons la gentillesse et la spontanéité avec lesquelles vous avez bien voulu diriger ce travail.

Vous vous y êtes grandement impliqués par vos directives, vos remarques et suggestions, mais aussi par vos encouragements dans les moments clés de son élaboration.

Nous tenons à vous remercier aussi pour cette liberté que vous nous avez permise, votre manière de penser, d'analyser et procéder, votre manière d'être, bref toute votre personnalité.

Remerciement

A NOTRE MAITRE ET CO-RAPPORTEUR

MONSIEUR LE PROFESSEUR ABDELHADI SIAMEUR

- Professeur spécialiste en Reproduction Animale à l'ISV de Tiaret.
- Chef d'équipe au sein du laboratoire de reproduction des animaux de la ferme.

Votre compétence, votre dynamique, votre rigueur et vos qualités humaines et professionnelles ont suscité en nous une grande admiration et un profond respect.

Nous voudrions être dignes de la confiance que vous nous avez accordée et vous prions, chère Maître, de trouver ici le témoignage de notre sincère reconnaissance et profonde gratitude.

Remerciement

A NOTRE MAITRE ET PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGGAD HEBIB

- Professeur à l'université Ibn khaldoun de Tiaret.
- Directeur de laboratoire « hygiène alimentaire et pathologie infectieuses ».

Nous sommes très sensibles à l'honneur que vous nous avez fait en acceptant la présidence de notre jury de thèse.

Vos qualités scientifiques, pédagogiques et surtout humaines seront pour nous un exemple à suivre dans l'exercice de notre profession.

Nous vous remercions d'avoir guidé nos premiers pas dans le chemin de la recherche.

Et nous tenons à vous remercier pour le meilleur accueil que vous nous avez réservé.

Veillez croire à l'expression de notre grande admiration et notre profond respect.

Remerciement

A NOTRE MAITRE ET JURY DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR MEZIANE TOUFIK

- Professeur en nutrition et alimentation animale à l'université hadj Lakhdar Batna.
- Directeur de laboratoire de Nutrition et Pathologie de la Nutrition.

Nous vous sommes très reconnaissants de l'honneur que vous nous faites en acceptant de juger ce travail.

Vous avez eu l'amabilité de discuter avec nous certains points clés de notre analyse, vos remarques pertinentes contribueront sans doute au perfectionnement du présent travail.

Nous avons toujours admiré vos qualités humaines et professionnelles ainsi que votre compétence et votre disponibilité chaque fois que vous étiez sollicités.

Veillez accepter, cher Maître, l'assurance de notre estime et profond respect.

Remerciement

A NOTRE MAITRE ET JURY DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR BENMAKHLOUF

Abdelmalek

➤ Professeur spécialiste en médecine interne à l'université de Constantine.

Nous vous sommes très reconnaissants de l'honneur que vous nous faites en acceptant de juger ce travail.

Vos qualités humaines et professionnelles jointes à votre compétence et votre disponibilité seront pour nous un exemple à suivre dans l'exercice de notre profession.

Veillez accepter, cher Maître, l'assurance de notre estime et profond respect.

Remerciement

A NOTRE MAITRE ET JURY DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR BENSUILAH Mourad

➤ Professeur à l'université d'Annaba.

C'est pour nous un grand honneur que vous accepter de siéger parmi cet honorable jury.

Nous avons toujours admiré vos qualités humaines et professionnelles ainsi votre modestie qui reste exemplaires. Qu'il nous soit permis de vous exprimer notre reconnaissance et notre grand estime.

Remerciement

Je remercie également tous les membres des Laboratoire de :

- Reproduction des Animaux de la Ferme, Hygiène et pathologies infectieuses, laboratoire d'analyses médicale Dr Maachi.
- Un merci à Madame HADOUCH Zohra, et Mr HADJ BOUSSADA YACINE ainsi que Mr ABDELMOUMEN de m'avoir facilité la tâche au niveau du HARAS national de Chaouchaoua de Tiaret.
- Un grand merci pour le Dr ABDELLI AMINE pour sa contribution a l'étude statistique des résultats.
- Merci également à mes amis et particulièrement AYAD, DERRAR, qui ont participé à la réalisation de cette thèse.
- Je remercie particulièrement Dr SAIM FATIM ZOHRA pour sa contribution à la rédaction de cette thèse.
- Je remercie enfin toutes les personnes qui m'ont aidé à réaliser ce travail et dont je n'ai pas cité le nom.

DEDICACES

Je dédie ce travail à :

A MA TRÈS CHÈRE MÈRE :

Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, tu as toujours été présente à mes cotés pour me consoler quand il fallait.

A MON TRÈS CHER PÈRE :

Autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soit-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Tu as su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie.

A mon épouse, mes enfants, à mes frères et sœurs et leurs enfants.

A toute la famille SAIM, BEKKAR, BENZINEB, GUEZOULI, BENJAIDA,
DAHMANI, HAWAS.

A mes amis et leurs familles, et A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin
à l'élaboration de ce travail.

Liste des Tables

Tableau 01 : Proposition de réglages de CASA en fonction des cellules de lectures utilisées	14
Tableau 02 : les logiciels utilisés dans le traitement statistique des données	82
Table 03 : Concentration sérique des métabolites biochimiques (moyenne \pm SEM) entre les juments arabes et barbes en post-partum	85
Table 04: Concentration sérique des métabolites hématologiques (moyenne \pm SEM) entre les juments arabes et barbes en post-partum	86
Tableau 05 : Comparaison des paramètres de reproduction entre les deux races de juments.....	87
Tableau 06 : Diamètres folliculaires en fonction des jours qui précèdent l'ovulation pour les juments barbes	89
Tableau 07: Croissance folliculaire en fonction des jours qui précèdent l'ovulation.....	90
Tableau 08: Tests de normalité (Shapiro-Wilk et Anderson-Darling) pour les variables biochimiques continues issues de l'étude.....	91
Tableau 09. Régression linéaire généralisée (GLM) de l'effet de l'augmentation de l'albumine et Polynucléaire éosinophile sur la réussite de 1ère saillie.....	92
Tableau 10 : les paramètres sanguins influençant la croissance folliculaire (régression linéaire généralisée).....	93
Tableau 11 : taux de fertilité par chaleur et par saison des étalons arabes en 2016/2017.....	100
Tableau 12 : taux de fertilité par chaleur et par saison des étalons barbes en 2016/2017.....	101
Tableau 13 : Tests de normalité (Shapiro-Wilk et Anderson-Darling) pour les variables spermatisques continues issues de l'étude	102
Tableau 14. Régression linéaire généralisée (GLM) de l'effet de l'âge et de la race sur le nombre sauts	103

Liste des Tables

Tableau 15 : Régression linéaire généralisée (GLM) de l'effet de l'âge et de la race sur le temps de récolte	103
Tableau 16 : Régression linéaire généralisée (GLM) de l'effet de l'âge et de la race sur le volume totale récolté	104
Tableau 17 : Régression linéaire généralisée (GLM) de l'effet de l'âge et de la race sur le volume de gel.....	104
Tableau 18 : Régression linéaire généralisée (GLM) de l'effet de l'âge et de la race sur le volume de gel	105
Tableau 19 : Régression linéaire généralisée (GLM) de l'effet de l'âge et de la race sur la motilité	105
Tableau 20 : Régression linéaire généralisée (GLM) de l'effet de l'âge et de la race sur la concentration.....	106
Tableau 21 : Régression linéaire généralisée (GLM) de modèle multivarié de l'effet de temps de réaction, Volume total, volume du gel, concentration de l'éjaculat, mobilité totale des spermatozoïdes, la race et l'âge des étalons sur la réussite de l'insémination naturelle.....	106

Liste des Figures

Figure 01 : Endocrinologie du cycle œstrale.....	20
Figure 02 : Changement hormonaux pendant le cycle œstral	20
Figure 03 : Image des Plis de l'endomètre lors de l'œstrus. Œdème et aspect brillant des plis	21
Figure 04 : Image des Plis de l'endomètre lors du di œstrus. Disparition de l'œdème	21
Figure 05 : Image d'une Section d'endomètre d'une jument en œstrus	23
Figure : 06 Image d'une Section d'endomètre d'une jument en di œstrus, aspect tortueux des glandes en coupe (collier de perles).....	23
Figure 07 : Image d'une Section d'endomètre d'une jument en anœstrus, glandes inactives.....	24
Figure 08 : Evolution de la concentration en œstrogènes au cours de la gestation chez la jument (Allen, 1988).....	27
Figure 09 ⁽¹⁾ : Représentation schématique de la placentation chez la jument. Importance du système de vascularisation	30
Figure 09 : Hématies de cheval en rouleaux.....	31
Figure 10 : Représentation simplifiée d'une molécule d'hémoglobine	33
Figure 11 : schéma d'un tube capillaire après centrifugation.....	34
Figure 12 : Granulocyte neutrophile de cheval	36
Figure 13 : Granulocyte éosinophile de cheval	37
Figure 14 : Granulocyte basophile de cheval	37
Figure 15 : Lymphocyte de cheval.....	38
Figure 16 : (1) Monocyte et (2) lymphocyte de cheval.....	38
Figure 17 : Plaquettes de cheval	41
Figure 18 : Schéma d'une molécule de fibrinogène	42
Figure 19 : Représentation de Cram d'une molécule d'acide cholique	44
Figure : 20 : Formule semi-développée d'une molécule de bilirubine non conjuguée.....	46
Figure 21 : Formule semi-développée d'une molécule de bilirubine conjuguée.....	46

Liste des Figures

Figure 22 : Électrophoréogramme de cheval.....	49
Figure 23: Formule semi-développée de la créatinine	52
Figure 24 : Formule semi-développée d'une molécule d'urée	53
Figure 25 : Schéma de la synthèse de l'urée à partir des acides-aminés	54
Figure 26 : Schéma du rôle de la créatine kinase dans le muscle.....	55
Figure 27 : Schéma de la répartition des fluides dans l'organisme	60
Figure 28 : Schéma de la répartition des ions de part et d'autre de la membrane plasmique	61
Figure 29 : Histogramme des diamètres folliculaires pour les juments barbes	61
Figure 30. L'échographe DRAMIŃSKI ISCAN (Animalprofil).....	69
Figure 31 : Prélèvement du sang (veine jugulaire).....	70
Figure 32 : Des tubes de prélèvement	70
Figure 33 : préparation de l'étalon sur jument entravée.....	74
Figure 34 : récolte de sperme sur jument entravée.....	74
Figure 35 : opération de récolte de semence d'un étalon sur jument entravée.....	75
Figure 36 : Position de sécurité au moment de prélèvement.....	76
Figure 37 : Etalon en érection se prépare pour la monte	77
Figure 38 : Préparation du vagin artificiel type Missouri.....	78
Figure 39 : Inclinaison du vagin après éjaculation de l'étalon	79
Figure 40 : Echantillon de sperme après récolte	80
Figure 41 : SDM 1 - photomètre de semence Minitube, isv de Tiaret	81
Figure 42 : Bain-marie Memmert Roucaire; type W350; Temps maxi 100°C.....	81
Figure 43 : Courbe de la croissance folliculaire des juments barbes et pur-sang arabe	90
Figure 44 : Test de colinéarité générale des variables hémato-biochimiques continus.....	92

Liste des Figures

Figure 45 : Utilisation des étalons arabes par années (2016/2017)	94
Figure 46 : nombre de sauts par rapport au nombre de juments en 2016.....	95
Figure 47 : Utilisation des étalons arabes par rapport au nombre de juments programmées en 2017 ...	96
Figure 48: Taux de réussite des étalons arabes par année	97
Figure 49 : Utilisation des étalons arabes par années 2016 et 2017	97
Figure 50 .montre le nombre d'utilisation des étalons par rapport au nombre de juments programmé en 2016.....	98
Figure 51 : Utilisation des étalons par rapport au nombre de juments programmées en 2017.....	99
Figure 52 nous montre le taux de réussite à l'insémination fécondante des étalons barbes par année ..	99

Liste des abréviations

°C = Degré Celsius

A

AA = Anglo-Arabe

Ac.Bil = Acides Biliaires

ACTH = Hormone AdrénoCorticoTropé

AINS = Anti-Inflammatoires Non
Stéroïdiens

AlAT = Alanine-Amino Transferase

Alb = Albumine

ANOVA = Analysis Of Variance =
analyse des variances

AQPS = Autre Que Pur-Sang

AsAT = Aspartate-Amino Transferase

ATP = Adénosine TriPhosphate

B

BALT = Bronchus-Associated Lymphoid
Tissue = tissus lymphoïde associé aux
bronches

Baso = Basophiles

Bil.Dir = Bilirubine Directe

Bil.Tot = Bilirubine Totale

C

CCMH = Concentration Corpusculaire
Moyenne en Hémoglobine

CD = Cluster of Differentiation = classe
de différenciation

cf. = *confer*

Chol = Cholestérol

CK = Créatinine Kinase

Cl = Chlore

CLSI-IFCC = Clinical and Laboratory
Standards Institut - International
Federation of Clinical chemistry and
Laboratory medicine

Créat = Créatinine

CRH = Corticotropin-Releasing Hormone

CS = Cheval de Selle

CV = Coefficient de Variation

D

dL = déciLitre

DS = Différence Significative présente

E

EDTA = Acide Ethylène Diamine Tétracétique

Eo = Eosinophiles

EPO = Erythropoïétine

F

fig = figure

fL = femtoLitre

Fructo = Fructosamines

G

g = gramme

GALT = Gut-Associated Lymphoid Tissue
= tissus lymphoïde associé au tractus
digestif

GGT = Gamma-Glutamyl Transferase

GLDH = GLutaminate DésHydrogénase

Gluc = Glucose

H

h = heure

H = Hongre = cheval mâle castré

Hgb = Hémoglobine

Ht = Hématocrite

IC= intervalle de confiance

J

J = Juments

K

K = Potassium

km = kilomètre

KW = test de Kruskal Wallis

KWPN = Koninklijk Warmbloed Paard
Nederland

L

L = Litre

LCR = Liquide Céphalo-Rachidien

LD = Lower Discriminator = discriminant
inférieur

Lymph = Lymphocytes

M

Magn = Magnésium

Liste des abréviations

MGG = May-Grünwald Giemsa

mmol = millimole

mL = milliLitre

Mono = Monocytes

MPV = Volume Plaquettaire Moyen

MWW = test non paramétrique de Mann-
Withney-Wilcoxon

N

N = Taille de l'échantillon

Na = Sodium

Na/K-ATPase = pompe sodium-potassium

Neut = Neutrophiles

NK = Natural Killer

NS = Non Significatif = absence de
différence significative

O

OC = Origine Constatée

OR = Odds de ratio

OI = Origine Inconnue

OMS = Organisation Mondiale de la Santé

ONC = Origine Non Constatée

P

p = p-value

P = Phosphore

PAI = Phosphatase Alcaline

Pc = Pourcentage

Pct = Plaquetto-crite

PDW = Platelet Distribution Width =
indice de distribution des thrombocytes

pg = picogramme

P-LCR = Platelet-Larger Cell Ratio =
proportion de plaquettes de plus grande
taille

PLT = Plaquettes

PLT-I = comptage plaquettaire par
variation d'impédance

PLT-O = comptage plaquettaire par
méthode optique (cytométrie en flux)

Prot = Protéines totales

PS = Pur-Sang anglais

PTH = Parathormone

Q

Q1 = premier quartile = quartile à 25% :
Q1 est la valeur d'une série de données qui
est supérieure ou égale à au moins 25% des
données.

Q3 = troisième quartile = quartile à 75% :
Q3 est la valeur d'une série de données qui
est supérieure ou égale à au moins 75% des
données.

R

RBC = Red Blood Cell = numération
érythrocytaire

RDW = Red Distribution Width = indice
de répartition de la taille des érythrocytes

RDW-CV = Red Distribution Width –
Coefficient of Variation

RDW-SD = Red Distribution Width –
Standard Deviation

S

SAA = Substance Amyloïde A

SD = Standard Deviation = écart type

SDH = Sorbitol DésHydrogénase

SF = Selle Français

SGPT = Serum Glutamic Pyruvic
Transaminase

SGOT = Serum Glutamic Oxaloacetic
Transaminase

sup. = supérieure

T

tab = tableau

TCMH = Teneur Corpusculaire Moyenne
en Hémoglobine

Trigly = Triglycérides 26

U

UI = Unité Internationale

UD = Upper Discriminator = discriminant
supérieur

UV = rayons Ultra-Violets

umol = micromole

الهدف من هذه الدراسة هو تشخيص مشاكل التكاثر عند الخيول في الجزائر وتحديدًا في مركز تربية الخيول شاوشاوة وذلك بتحليل بعض المعايير البيوكيميائية و مكونات الدم ، وملاحظة و تسجيل التغيرات الحاصلة في الدورة الشهرية للأفراس ، و تقييم السلوك الجنسي للفحول و كذا جمع السائل المنوي و تحليله

قمنا بإجراء التحاليل البيوكيميائية و الخاصة بالدم و رصدنا التقلبات الشهرية للأفراس 15 يوما بعد الولادة، ل 20 فرسا (ذات العرق: العربي؛ والبربري) مقسمة إلي قسمين متساويين في كل قسم 10 خلال فترة تقارب سنة.

وكذا قمنا بدراسة السلوك الجنسي للحياد و نزعنا منها السائل المنوي الخاص ب 17 الفحول من السلالة العربية و البربرية خلال سنتين من الدراسة.

بعد ذلك جمعنا النتائج المحصلة عليها و قمنا بدراستها لاستنتاج العلاقة الإيجابية والسلبية الموجودة بين بعض المعايير البيوكيميائية و النمو الجريبي و ارتباطها بنوع سلالة الأفراس؛ و كذا مدى تأثير عمر و سلالة الجياد على جودة الخصائص و القدرات الجنسية.

للتحليل الإحصائي استخدمنا (SYSTAT 12 © Copyright 2007). R STUDIOR STUDI (XLSTAT 2018.5, Excel).

أظهر التحليل الإحصائي أن فرصة نجاح الإلقاح من أول تجربة تكاثر كانت منخفضة بنسبة 48% لكل 1 ميليمول / لتر من الألبومين ($P = 0.01$ ، $OR = 0.52$) في نموذج أحادي المتغير في حين أن هذه الفرصة لها 1.5 مرة لكل 1 ميليمول / لتر من الألبومين ($p = 0.02$ ، $OR = 2.43$) في النموذج متعدد المتغيرات.

وكانت فرصة نجاح الإلقاح من أول تجربة تكاثر أقل بنسبة 48% لكل زيادة في وحدة واحدة من خلايا البيضاء متعدد النوى ($p = 0.04$ ، $OR = 0.52$) في النموذج متعدد المتغيرات.

فيما يتعلق بتأثير السلالة على مدة عودة الشبق بعد الولادة، هناك فرق واضح بين مجموعتين تجريبتين عند ($p = 0.142$) القيمتها القصوى المسجلة للسلالة العربية الأصيلة مدة 50.6 يوماً والحد الأدنى للقيمة المسجلة للسلالة البربرية 29.83 يوماً.

سلالة الفحل، الانحدار الخطي المعمم للنموذج متعدد المتغيرات حيث قدمنا جميع المتغيرات في نفس النموذج يكشف لنا تأثير كبير من سلالة الفحول على معدل نجاح عملية التكاثر الطبيعية نتيجة لذلك ، كانت فرصة التلقيح الطبيعي ناجحة 6 مرات في السلالة العربية مقارنة مع السلالة البربرية ($OR = 6.82$ ، $CI = 1.07-43.23$ ، $p = 0.042$).

تأثير عمر الفحل، تكون حركة الحيوانات المنوية عالية بمقدار واحد ونصف مرة ($OR = 2.42$ ، $CI = 0.98-95$ ، $p = 0.049$ ، 6.01) في الفحول الأصغر من 9 سنوات في العمر؛ بالمقارنة بالفحول التي يتعدى عمرها 9 سنوات.

الخيول المولودة والمرباة في الجزائر تمتاز بقدرة عالية على الإنجاب والتكاثر ، وتتطلب إدارة جيدة وتسييرا متقنا لتحقيق الهدف المرجو هو ؛ مهرا واحد لكل فرس في السنة.

الكلمات المفتاحية: مشاكل التكاثر ، السلالة العربية ، السلالة البربرية ، الجياد ، المعايير الكيميائية و الدموية ، النمو الجريبي ، التحليل المنوي ، الإحصاء.

ABSTRACT

The objective of our study is the diagnosis of infertility in horses in Algeria exactly at the national stud farm chaouchaoua. By evaluation of Performing analyzes of some hematological and biochemical parameters, followed by the reproduction of mares, evaluation and recording the sexual behavior of breeding stallions, and by harvesting and analyzing spermatic parameters.

We carried out the blood tests and the reproduction follow-up 15 days postpartum, of 20 mares broodmares (of breed: Arabian, Barbe) over a period of 1 year, were divided into two groups equal in number (10).

And we studied the sexual behavior and ensured sperm harvest of 17 breeding stallions available at the Arabian stud and beard stud, over a period of 2 years of study.

The collected results made it possible to establish positive and negative correlations of the effect of some hemato-biochemical and race parameters on the follicular dynamics of mares and the effect of age and race on reproductive performance stallions.

For the statistical analysis we used (SYSTAT 12 © Copyright 2007). R STUDIO STUDIO, XLSTAT 2018.5, Excel.

Statistical analysis showed that the chance of success of first projection was low of 48% for each 1 mmol / l of albumin (OR = 0.52, P = 0.01) in the uni-variant model whereas this chance has 1.5 times for each 1 mmol / l of albumin (OR = 2.43, p = 0.02) in the multi-variant model.

And the chance of success of 1st projection was 48% lower for each increase of one unit of eosinophilic Polynuclear (OR = 0.52, p = 0.04) in the multi-variant model.

With regard to the effect of the breed on Brooding-1st breeding a significant difference between the two experimental batches at one (p = 0.142) whose maximum value corresponds to mares thoroughbred Arabic with a duration of 50.6 days and the minimum value registered in bearded mares for a duration of 29.83 days.

The breed of the standard, the generalized linear regression of multivariate model where we introduced all the variables in the same model reveals us a significant effect of the breed of stallions on the success rate of the artificial insemination. As a result, the chance of successful artificial insemination was 6 times higher in the Arabian breed compared to the beard breed (OR = 6.82, 95% CI = 1.07-43.23, p = 0.042). Thus, a significant effect of bred (p=0.041) on the concentration of spermatozoa.

For the effect of stallion age, motility is high by one and a half times (OR = 2.42, 95% CI = 0.98-6.01, p = 0.049) in stallions younger than 9 years of age. Report the older stallions plus or equal to 9 years.

Horses born and bred in Algeria are endowed with high reproductive potential, requires good management to achieve the recommended goal one foal per mare per year.

Key words: fertility, Arabian, beard, stallion, hematochemical, follicular dynamics, spermatic analysis.

Résumé

L'objectif de notre étude est le diagnostic de l'infertilité chez le cheval en Algérie et plus précisément au niveau du haras national de Chaouchaouapar : l'analyse de quelques paramètres hématologiques et biochimiques, le suivi de la reproduction des juments, l'évaluation et l'enregistrement du comportement sexuel des étalons reproducteurs, et par la récolte et l'analyse des paramètres spermatiques.

20 juments poulinières (de race : arabe, barbe) ont été suivies sur une période de 1 an, ces dernières ont été réparties en deux groupes de 10 chacun puis des analyses sanguines ont été effectuées durant les 15 jours qui suivent le post partum.

Egalement, le comportement sexuel de 17 étalons reproducteurs disponibles au niveau du haras, de race arabe et barbe a été étudié à travers l'analyse de leur sperme. Cette période de l'étude a été réalisée sur 2 ans (2015/2017)

Les résultats collectés ont permis d'établir des corrélations positive et négative entre l'effet de quelques paramètres hémato-biochimiques et de la race sur la dynamique folliculaire des juments, et l'effet de l'âge et de la race sur les performances reproductifs des étalons.

Pour l'analyse statistique nous avons utilisé (SYSTAT 12 © Copyright 2007). R STUDIO, XLSTAT 2018.5, Excel.

L'analyse statistique nous a montré que la chance de réussite à la 1ère saillie a été faible de 48% pour chaque 1 mmol/l d'albumine (OR=0.52, P=0.01) dans le modèle uni-varie alors que cette chance était plus élevée de 1.5 fois pour chaque 1 mmol/l d'albumine (OR=2.43, p=0.02) dans le modèle multi-varie.

De même, la chance de réussite à la 1ère saillie a été plus faible de 48% pour chaque augmentation d'une unité de Polynucléaires éosinophiles (OR=0.52, p=0.04) dans le modèle multi-varie.

Concernant l'effet de la race sur l'intervalle Poulinage-1^{er} saillie, une différence significative entre les deux lots expérimentaux a été enregistrée (p=0.0142) dont la valeur maximale correspond aux juments pur-sang arabe à une durée de 50.6 jours et la valeur minimale enregistrée chez les juments barbes à une durée de 29.83 jours.

Concernant la race de l'étalon, La régression linéaire généralisée du modèle multi-varié où nous avons introduit toutes les variables dans le même modèle nous a révélé un effet significatif de la race des étalons sur le taux de réussite de l'insémination artificielle. De ce fait, la chance de réussite de la monte en main a été plus élevée de 6 fois chez la race Arabe par rapport la race barbe (OR=6.82, IC95%= 1.07-43.23, p=0.042).

Ainsi, un effet significatif de la race (p=0.041) sur la concentration des spermatozoïdes.

Aussi, un effet significatif de la race (p=0.041) sur la concentration des spermatozoïdes a été enregistré.

Concernant l'effet âge de l'étalon, la motilité a été élevée d'une fois et demi (OR=2.42 ; 95% IC= 0,98-6.01 ; p=0.049) chez les étalons âgés de moins de 9 ans par rapport à ceux âgés de 9 ans et plus.

Les chevaux nés et élevés en Algérie sont dotés d'un haut potentiel reproductif, ce qui manque c'est une bonne gestion pour atteindre l'objectif recommandé : un Poulin par jument par an.

Mots clés : infertilité, arabe, barbe, étalon, hémato-biochimique, dynamique folliculaire, analyse spermatique, statistique.

REMERCIEMENT

DEDICACE

LISTE DES TABLES.

LISTE DES FIGURES.

LISTE DES ABREVIATIONS.

RESUME.

ABSTRACT.

ملخص.

SOMMAIRE:

INTRODUCTION01

CHAPITRE I: RAPPEL SUR LA PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION DU CHEVAL.

1. Libido.....03

2. Examen physique.....03

Examen général.....03

Examen du pénis.....03

Examen des testicules.....04

Analyses sanitaires.....05

3. Echographie et doppler.....06

4. Analyse de sperme.....07

Volume07

Concentration.....08

nombre totale des spermatozoides09

Présence de cellules non-spermatiques.....10

Sommaire

Viabilité.....	10
Mobilité.....	11
Morphologie.....	13
Cytométrie de flux.....	13
Dosages dans le sperme.....	14
5. Endoscopie.....	16
6. Biopsie testiculaire.....	16
7. Dosages hormonaux.....	16
8. Conclusions.....	17
Physiologie et endocrinologie sexuelles.....	17
1. Physiologie sexuelle de la jument.....	17
L'œstrus.....	17
Le dioestrus.....	17
2. Endocrinologie sexuelle lors du cycle œstral	18
2.1. Hormones hypothalamo-hypophysaires.....	18
C. Changements morphologiques et histologiques au niveau de l'utérus.....	20
1. Variations morphologiques.....	20
2. Variations histologiques.....	22
2.1. Myomètre.....	22
2. Endomètre.....	22
2.3. Les vaisseaux sanguins.....	24
1. Physiologie du début de gestation.....	24
2. Endocrinologie du début de gestation.....	26

CHAPITRE II: SYNTHÈSE SUR LES PARAMÈTRES SANGUINS DU CHEVAL

I. Les paramètres hématologiques.....	31
A) Les érythrocytes	31
1. Structure.....	31
2. Fonction.....	32
3. Régulation.....	32
4. Interprétation.....	32
B) L'hémoglobine.....	32
1. Structure.....	32
2. Fonction.....	33
3. Régulation.....	33
4. Interprétation.....	33
C) L'hématocrite.....	34
1. Définition.....	34
2. Interprétation.....	34
D) La teneur globulaire moyenne en hémoglobine et la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine.....	35
1. Définition.....	35
2. Interprétation.....	35
E) Le Volume Globulaire Moyen.....	35
1. Définition.....	35
2. Interprétation.....	35
F) Les leucocytes.....	36
1. Structure.....	36
2. Fonction.....	39
3. Régulation.....	39
Interprétation.....	39

Sommaire

G) Les plaquettes	40
1. Structure.....	40
2. Fonction.....	41
3. Régulation.....	41
H) Le fibrinogène.....	42
1. Structure.....	42
2. Fonction.....	43
3. Régulation.....	43
4. Interprétation.....	43
II. Les paramètres biochimiques.....	43
A) Exploration de la fonction hépatique.....	43
1. Les acides biliaires.....	43
a) Structure.....	43
b)Fonction.....	44
c)Régulation.....	44
d) Interprétation.....	45
2. La bilirubine totale.....	45
a) Structure.....	45
b) Fonction.....	45
c) Régulation.....	45
d)Interprétation.....	47
3. La gamma glutamyl transférase.....	47
a)Structure.....	47
b) Fonction.....	47
c) Régulation.....	47
d) Interprétation.....	48
Les protéines totales	48

Sommaire

a) Structure.....	48
L'albumine.....	48
➤ Les globulines.....	48
b) Fonction.....	49
c) Régulation.....	50
d) Interprétation.....	50
B) Exploration de la fonction rénale.....	51
1. La créatinine.....	51
a) Structure.....	51
b) Fonction.....	52
c) Régulation.....	52
d) Interprétation.....	52
2. L'urée.....	53
a) Structure.....	53
b) Fonction.....	53
c) Régulation.....	53
d) Interprétation.....	54
C) Exploration de l'intégrité du tissu musculaire	55
1. La créatine-kinase.....	55
a) Structure	55
b) Fonction.....	55
c) Régulation.....	56
d) Interprétation.....	56
2. L'aspartate aminotransférase.....	56
a) Structure.....	56
b) Fonction.....	56
c) Interprétation.....	57
D) Exploration du système antioxydant.....	57
1. La superoxyde dismutase.....	57
a) Structure.....	57
c) Interprétation.....	58

Sommaire

b2. La glutathion peroxydase.....	58
a) Structure.....	58
b) Fonction.....	58
c) Régulation.....	59
d) Interprétation.....	59
E) Le ionogramme.....	59
1. Les ions monovalents.....	61
a) Sodium.....	61
I. Structure.....	61
II. Fonction.....	61
PARTIE EXPERIMENTALE :	
MATERIEL ET METHODES	65
CADRE D'ETUDE.....	65
Situation géographique et présentation du HARAS	67
II. ANIMAUX ET LA DUREE D'ETUDE :	68
IV. Préparation des Jument	69
IV.1Echographie	69
IV.2 -Analyses de quelques paramètres sanguins :.....	70
IV.2.1 Prélèvements de sang :.....	70
V. Suivi et enregistrement du comportement sexuel des étalons reproducteurs sélectionnés par l'étude	72
V.1Fertilitéparchaleur	73
V.2 La fertilité par saison :.....	73
V.3 Examen clinique :.....	73
VI. Récolte et analyses des paramètres spermatiques.....	74
VI.1 Collecte du sperme	75
VII. Les préparatifs	76
VII.2 Le vagin artificiel de type "Missouri".....	78

Sommaire

VII.3. Méthode de prélèvement.....78

VIII. Méthodes d'analyses statistiques82

Résultats.....85

Discussion :.....108

Conclusion125

Références

Annexes

Introduction

INTRODUCTION

Le cheval occupe une place privilégiée dans la vie et l'imaginaire des populations rurales algérienne. Il constitue un véritable acteur de développement durable notamment dans le domaine environnemental, en jouant un rôle particulier dans une gestion des espaces et des paysages bénéfiques au maintien et au développement de la biodiversité (Benhamadi et al 2016), mais également dans son rapport avec l'homme en contribuant par ailleurs aux activités sportives, sociales et culturelles. La population équine est représentée par deux races et de plusieurs croisements: Barbe, Pur sang Arabe. Elle est estimée à 250.000 chevaux, est constituée à 90% de chevaux Barbe et Arabe Barbe (et Selle algérien). Les 10% restant se répartissent entre chevaux Arabe, Pur-sang Anglais et Trotteur Français (Rahal *et al*, 2009).

L'Algérie, ainsi que les autres pays du Maghreb, berceau de la race Barbe, ont pris conscience de l'importance du cheval Barbe, pure sang Arabe, Arabe-Barbe et Selle algérien. Dans ce contexte, pour permettre le développement de cet élevage, ce dernier doit être rationalisé par l'emploi des techniques modernes de gestion des ressources génétiques équines, plus précisément les biotechnologies de la reproduction.

Actuellement La reproduction équine est un domaine en pleine évolution avec l'augmentation du nombre d'inséminations artificielles, notamment l'insémination artificielle profonde et le développement du transfert d'embryon (Ponthier et al, 2015).

Quel que soit la méthode utilisée, l'objectif principal est d'obtenir une bonne fertilité en fin de saison (Citée par Marie A et al, 2010). Pour se faire il est important de se soucier aussi bien de la jument que de l'étalon lors de l'analyse des résultats de fertilité. De ce fait nous aborderons ici le thème de la fertilité de l'étalon et de la jument, et plus précisément les méthodes permettant d'évaluer les paramètres de fertilités.

Dans notre pays, au niveau du haras national de chaouchaoua, la seule technique de reproduction utilisée chez l'espèce équine est la monte en main qui est actuellement le seul moyen disponible.

Comme toute discipline sportive le choix des étalons se fait sur des bases des performances obtenues, cela conduit à une sur exploitation des étalons et par conséquent un

taux de fertilité qui n'est pas satisfaisant, de plus, le manque des moyens de diagnostics permettant d'évaluer la fertilité au niveau du HARAS national de Chaouchaoua oblige le personnel à écarter des juments et des étalons fertiles tout en favorisant d'autres infertiles, ainsi que la monte naturelle qui est elle-même un moyen de dissémination des maladies vénériennes.

Sur le plan économique, un étalon peu saillir trois juments par semaine (à raison de 10000 DA/Jument) ; alors L'étalon est économisé puisqu'en moyenne un éjaculat permet de servir environ 25 juments sans limitation du nombre d'IA par chaleur (250000DA), de plus il peut poursuivre parallèlement une carrière sportive (Margat et Doligez, 2017).

Face à ces problèmes la présente étude contribue à comprendre les méthodes utilisées pour diagnostiquer les désordres de reproduction et vise les objectifs suivants :

- Le management de la reproduction chez l'espèce équine.
- L'évaluation de la fertilité des juments et des étalons misent à la reproduction.
- Déterminer le degré de corrélation entre les analyses hémato-biochimiques et la croissance folliculaire des juments.
- L'intérêt de l'analyse spermatique dans le choix d'un étalon reproducteur.
- Comparer les performances de reproduction en fonction de l'âge et de la race (barbe et arabe).
- L'effet de la race et de l'âge sur le changement des paramètres spermatiques qui est l'un des meilleurs marqueurs de la fertilité chez les étalons.
- La mise au point du potentiel élevé des races équines nées et élevées en Algérie.

Notre travail est structuré en deux parties. La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique qui comprend deux chapitres. Le premier est consacré à la fertilité de l'espèce équine. Le deuxième à une synthèse sur les paramètres sanguins du cheval. La deuxième partie correspondant à la partie expérimentale dans laquelle les résultats seront présentés puis analysés et discutés pour, enfin, aboutir aux recommandations.

CHAPITRE 01

1. Libido

Les conditions d'élevage s'éloignent très fort des conditions de monte en liberté où l'étalon et la jument interagissent longtemps ensemble avant la saillie. Il est donc difficile d'estimer la libido d'un étalon de manière objective. Cependant, on estime que l'érection doit être atteinte dans les 5 à 10 minutes suivant la présentation à la femelle et que l'éjaculation doit avoir lieu après 6 à 8 coups de rein. Ponthier et al, 2015

La libido est sous le contrôle de la testostérone qui est dépendante de la sécrétion de LH (luteinising hormone). Après la puberté, la sécrétion de LH est pulsatile avec un pic de sécrétion qui dure 10 à 20 minutes toutes les 3 à 6 heures (Senger PL.2005). Les pathologies dégénératives du testicule très évoluées peuvent mener à une diminution de la sécrétion de testostérone. D'autre part des pathologies tumorales du testicule (leydigome, sertoliome) induisant une sécrétion hormonale peuvent induire des déséquilibres hormonaux ayant une influence sur la libido (Pickett BW.1993). En cas de manque de libido, il faudra prendre en compte l'âge de l'étalon (certains étalons ayant une puberté tardive), l'examen des testicules et le profil hormonal.

Pour saillir, le dos et les membres postérieurs vont devoir fournir un effort important. Les pathologies ostéo-articulaires peuvent donc limiter l'instinct de saillie de l'étalon (Pickett BW.1993). D'autre part, le stress ou l'agressivité lors de la saillie ou de la récolte de sperme peuvent aussi devenir des facteurs limitant. (Ponthier et al 2015).

2. Examen physique

Examen général

L'étalon reproducteur doit être un cheval en bonne santé. L'état général du cheval devra être bon : examen clinique normal et embonpoint suffisant.

Un examen orthopédique est nécessaire : l'ataxie ou les douleurs et raideurs des membres postérieurs, du dos limitent les capacités de l'étalon à saillir en toute sécurité (Brinsko SP, Blanchard TL 2000). Dans les cas les plus graves, les problèmes orthopédiques peuvent mener à l'impossibilité de saillir, nécessitant le recours à des récoltes de sperme à terre (Brinsko SP, Blanchard TL 2000) ou à des éjaculations induites pharmacologiquement (McDonnell SM.2001) à l'aide d'imipramine et d'alpha-2 agonistes.

Examen du pénis

L'examen de l'étalon reproducteur comprendra un examen du pénis. Le pénis doit pouvoir rentrer dans le fourreau librement, le paraphymosis chronique se caractérisant par une perte de la motricité du pénis et son prolapsus permanent. La présence d'une jument permettra d'obtenir une érection et d'observer la libido (Brinsko SP, Blanchard TL 2000), mais avec des risques pour la sécurité de l'examineur. Une tranquillisation avec de l'Acépromazine, ou éventuellement des alpha-2 agonistes, provoquera l'extériorisation du pénis, mais peut causer un paraphymosis chez les étalons débilités (Brinsko SP, Blanchard TL 2000).

Le pénis extériorisé doit être lavé à l'eau claire afin de détecter les lésions présentes à sa surface (Brinsko SP, Blanchard TL 2000). Le pénis sera ensuite inspecté et palpé méthodiquement afin de détecter les éventuels ulcères ou tumeurs (Brinsko SP, Blanchard TL 2000). Les pathologies du pénis peuvent provoquer de la douleur et, de ce fait, compromettre la saillie. De plus, elles provoquent la contamination du sperme par des cellules sanguines ou inflammatoires, qui peuvent interférer avec la qualité du sperme. Les principales pathologies pénis sont :

- **Les sarcoïdes** : tumeurs bénignes à l'aspect prolifératif observées plus fréquemment chez les jeunes chevaux ;
- **Les carcinomes** : tumeurs malignes d'aspect variable (d'ulcératif à exubérant, incluant des formes mixtes), plus fréquemment observées chez les vieux chevaux avec de possibles métastases ganglionnaires;
- **Les pustules**, ou ulcères consécutifs à l'EHV3 : suite à l'infection virale, des papules vont évoluer en pustules et en ulcères. Cette pathologie est très douloureuse et interdit toute saillie. Cependant elle est auto-limitante et guérit spontanément dans les 3 semaines suivant l'infection.
- **Les lésions d'habronémose** : Habronème *spp.* est une mouche pondant ses œufs dans les zones cutanéomuqueuses humides. Généralement, une ou deux zones indurées sont présentes sur le pénis. Ces lésions sont facilement traitables par des agents anti parasitaires appliqués sur la peau.

L'examen du pénis comprendra toujours un examen de la fosse urétrale. Des calculs de la fosse urétrale, qui sont des concrétions du smegma, peuvent y être présentes et

provoquer de la douleur.

Examen des testicules

La palpation des testicules doit impérativement déterminer si deux testicules sont présents dans les bourses. L'historique des pathologies ayant pu impliquer une castration unilatérale (hernie inguinale, orchite, tumeur testiculaire, torsion testiculaire) sera investigué lors de l'anamnèse. Si l'anamnèse ne mentionne aucune de ces pathologies, l'étalon sera considéré comme cryptorchide. La cryptorchidie ayant une composante héréditaire, un animal cryptorchide sera interdit de reproduction.

Le volume testiculaire est variable entre les races de chevaux. Chez des chevaux de taille moyenne, on estime qu'ils mesurent 5 à 6cm de large, 5 à 6cm de haut et 8 à 10cm de long (Brinsko SP, Blanchard TL 2000). Le recours à un compas permet de mesurer les différents axes du testicule, mais en y incluant les enveloppes testiculaires. Pour éviter cela, les dimensions testiculaires peuvent être mesurées par échographie. Le volume testiculaire est directement corrélé à la production journalière de spermatozoïdes (DSO, Daily Sperm Output) (Senger PL.2005). On estime que 1 gramme de testicule produira 15 à 20×10^6 spz par jour (Brinsko SP, Blanchard TL 2000). Le volume testiculaire peut être déterminé par la formule (Brinsko SP, Blanchard TL 2000):

Volume testiculaire (TV, Testicular volume) en ml = 0.5233 x largeur x longueur x épaisseur (en cm)

Avec cette formule, on peut déterminer la DSO (Brinsko SP, Blanchard TL 2000) :

$$***DSO (Daily Sperm Output) (x10⁹) = (0.024 x TV) - (0.76 à 1.26)***$$

La dernière constante dépend de la saison et de facteurs individuels à l'étalon. Cependant, le volume testiculaire varie aussi selon la saison (Brinsko SP, Blanchard TL 2000, Janett F, et al 2003).

Les testicules doivent être fermes et réguliers. Si la consistance est diminuée, une pathologie inflammatoire ou dégénérative devra être envisagée. Une consistance augmentée et un volume diminué évoqueront une pathologie dégénérative de stade avancé. Si la surface n'est pas régulière, le recours à l'échographie sera nécessaire pour déterminer la structure des irrégularités présentes. La température du testicule doit être plus basse que la température corporelle : une température du testicule augmentée évoquera une pathologie inflammatoire (orchite ou épидидymite), une torsion testiculaire,

une hernie inguinale, un hydrocèle ou un hématoçèle.

Dans la bourse, le testicule doit être libre et non adhérent aux enveloppes testiculaires. Son grand axe est longitudinal. La queue de l'épididyme est palpable : une zone ovoïde de 1,5 à 2cm de diamètre, de consistance plus molle que le testicule et située en arrière de celui-ci. Une déviation de l'axe testiculaire évoquera une torsion testiculaire. Une torsion testiculaire avec ischémie, typiquement avec un angle supérieur à 180°, entraînera une douleur aiguë. Une torsion non-étranglée ne causera pas de douleur, mais des répercussions au niveau vasculaire et une diminution de la vascularisation peut être visualisée par échographie doppler. (Ponthier et al 2015).

Analyse sanitaires :

Pour pouvoir proposer un étalon à la saillie, celui-ci ne doit pas transmettre de maladie vénérienne. La liste des maladies vénériennes à dépister est définie par chaque pays. En Europe, le protocole est le suivant :

- Métrite contagieuse équine (*Taylorella equigenitalis*) : écouvillons du fourreau, de la fosse urétrale et de l'urètre, à répéter à une semaine d'intervalle. Les écouvillons doivent être transportés sur milieu charbon dans les 48 heures suivant le prélèvement ;
- Artérite virale équine : séroneutralisation : si la séroneutralisation est positive, il faudra prouver que l'étalon n'est pas excréteur en réalisant une isolation virale dans le sperme ;
- Anémie infectieuse équine : test de Coggins.

Cette liste décrit uniquement les maladies obligatoires à tester pour exporter du sperme équin en Europe. D'autres pays ou entités ont d'autres exigences avec d'autres listes de maladies. (Ponthier et al 2015).

3. Echographie et doppler :

L'échographie permet de d'investiguer le contenu des bourses mais aussi les organes internes du tractus génital par échographie transrectale.

Dans la bourse, un très fin film liquidien (anéchoïque) peut être présent entre les deux feuillets de la vaginale. En cas de présence de liquide en quantité plus importante entre les deux feuillets, il y aura hydrocèle ou, plus rarement hématoçèle. Bien que bénin et souvent secondaire à une autre pathologie, ces pathologies ont des répercussions sur la thermorégulation testiculaire et donc sur la spermatogenèse, avec parfois des atteintes

irrémédiables. La présence d'intestin, ou de toute autre structure, dans la bourse est anormale. La grande majorité des hernies inguinales provoque des douleurs de type colique, mais dans certains cas rares, une hernie inguinale non étranglée peut être détectée lors de l'échographie testiculaire. La partie distale du cordon testiculaire peut aussi être visualisée par échographie et le doppler peut permettre d'évaluer le flux sanguin arrivant au testicule (Ortega Ferrusola C.2012).

L'échographie du testicule montre une échogénicité élevée (plus échogène que le foie) et homogène. Le centre du testicule montre la présence d'une zone anéchogène de moins de 3mm de diamètre sur l'axe longitudinal : la veine centro-testiculaire. L'examen testiculaire permettra de prendre les dimensions du parenchyme testiculaire sans inclure les enveloppes. De plus, il permettra de comparer l'échogénicité des testicules entre eux et au sein du même testicule (Brinsko SP, Blanchard TL 2000). Ainsi, des zones moins échogènes bien délimitées dans le testicule font penser à des pathologies localisées dans le testicule comme des tumeurs. Une diminution d'échogénicité d'un testicule par rapport à l'autre évoquera des lésions dégénératives ou inflammatoires, selon l'examen clinique. Dans certains cas, des zones hyperéchogènes de type fibrose ou calcification seront aussi visibles lors de l'examen échographique (Brinsko SP, Blanchard TL 2000). Les zones anéchogènes dilatées dans le testicule pourront être observées à l'aide du doppler afin de détecter si un flux est présent : dans ce cas, il y aura présence d'un varicocèle, une dilatation veineuse dans le testicule. Cette pathologie a été associée à une diminution de fertilité chez l'humain (Smith R, et al 2006).

L'épididyme est visible tout le long du pôle dorsal : elle est d'échogénicité hétérogène, le canal de l'épididyme étant liquidien et très flexueux (Brinsko SP, Blanchard TL 2000). En cas d'inflammation (épididymite), elle apparaîtra comme augmentée de diamètre et avec une lumière épaissie. Des dilatations liquidiennes de l'épididyme sont aussi parfois visualisées. L'épididyme étant l'organe de maturation finale du spermatozoïde pendant 12 jours (Senger PL.2005), ces lésions entraîneront des conséquences sur la qualité du sperme.

Le tractus génital de l'étalon comprend des glandes annexes, responsables de la sécrétion de la majorité du plasma séminal : les vésicules séminales, la prostate et les glandes bulbo-urétrales. Ces glandes sont difficilement palpables, mais visibles par échographie dans la région du col de la vessie. Les vésicules séminales sont difficilement visibles si elles ne sont pas remplies : pour cela il est conseillé de mettre

l'étalon en présence d'une jument pour observer la lumière des glandes remplie par du plasma séminal. La prostate est située sur le col de la vessie, elle mesure ± 4 cm et a un aspect tissulaire hétérogène comprenant des vésicules anéchogènes (Brinsko SP, Blanchard TL 2000). Les glandes bulbo-urétrales étant situées en arrière du bassin, elles sont difficilement accessibles. Les ampoules des canaux déférents sont des dilatations de ces derniers. Elles sont visibles le long du col de la vessie (Brinsko SP, Blanchard TL 2000). Chez certains étalons, une lumière anéchogène est visible. En cas de suspicion d'obstruction des ampoules, pathologie menant à une oligospermie ou une aspermie, leur examen échographique aidera au diagnostic.

4. Analyse de sperme :

Volume :

Il est difficile de définir une norme pour le volume de l'éjaculat d'un étalon. En effet, l'excitation prolongée va augmenter la sécrétion des glandes annexes et donc le volume. Notre expérience montre qu'un étalon habitué à la récolte et éjaculant rapidement après son entrée en salle de monte aura un volume d'éjaculat de 20 à 40ml tandis qu'un étalon s'étant excité longuement avant de saillir aura un volume d'éjaculat de 60 à 120ml. De plus, il existe des variations individuelles et saisonnières dans le volume de l'éjaculat.

La fraction gel de l'éjaculat est produite par les vésicules séminales (Brinsko SP, Blanchard TL 2000). Elle devra être filtrée à l'aide de compresses ou de filtres commerciaux (Amann RP 1993, Brinsko SP, Blanchard TL 2000, Pickett BW.1993) afin d'avoir du sperme utilisable en solution. Cette production de gel est dépendante de facteurs individuels, raciaux et saisonniers.

Couleur

La couleur du sperme doit être grise à blanche (Brinsko SP, Blanchard TL 2000). Une couleur rose ou rouge sera associée à une contamination sanguine par des lésions du pénis ou par des pathologies testiculaires (Brinsko SP, Blanchard TL 2000). La présence de cellules inflammatoires ou d'urine se marquera par une couleur jaune.

La couleur du sperme est un indicateur de sa concentration. Du sperme grisâtre et transparent aura une concentration inférieure à 100×10^6 spz/ml tandis qu'un sperme d'aspect blanc crémeux aura une concentration supérieure à $200-250 \times 10^6$ spz/ml (Brinsko

SP, Blanchard TL 2000).

Concentration

La détermination de la concentration du sperme reposait initialement sur l'utilisation d'hémocytomètres ou de cellules de Thoma (Amann RP 1993, Brinsko SP, Blanchard TL 2000, Pickett BW.1993). Après dilution du sperme dans un milieu inactivant la mobilité (typiquement, le formol) avec un facteur de dilution connu (respectivement 1/100 ou 1/40, v/v), le nombre de spermatozoïdes observés sur la cellule ou sur une partie de la cellule donnait la concentration. Cependant cette technique est longue et induit parfois des variations.

Des méthodes photométriques ont été développées : elles permettent de mesurer la quantité de lumière absorbée par l'échantillon et d'en déduire la concentration qui est proportionnelle à l'absorbance. Ces méthodes ont une bonne précision et elles ont permis de rendre les manipulations plus rapides. Cependant, ces méthodes ne sont pas utilisables quand le sperme a été dilué dans un milieu opaque, comme le lait, ce qui interdit l'utilisation de ces méthodes pour le sperme frais dilué ou le sperme congelé. (Ponthier 2015).

Récemment des méthodes de coloration fluorescentes du noyau ont été mises en place (NucleoCounterTM, Chemometec, Allrod, Denmark). Ces méthodes reposent sur la dilution du sperme dans un milieu détergent induisant une perméabilité des membranes cellulaires afin de laisser passer un colorant spécifique du noyau, le propidium iodide (PI) (Johansson CS, 2001). Cette méthode permet de ne compter que les cellules nucléées de manière très précise et sans interférence avec la couleur du milieu (Johansson CS, 2001). Cette technique se rapproche des méthodes de détermination de la concentration en cytométrie de flux mais en restant accessible et facile d'utilisation.

Il est très difficile de définir une norme pour la concentration en spermatozoïdes dans le sperme d'étalon : plus l'excitation est longue et plus les glandes annexes vont produire de plasma séminal, en diminuant mathématiquement la concentration (Amann RP 1993, Brinsko SP, Blanchard TL 2000, Pickett BW.1993). Dans notre pratique, chez certains étalons montant sur le mannequin sans excitation préalable, des concentrations supérieures à 600×10^6 spz/ml vont être observées. Chez des étalons étant stimulés longuement avant la saillie, ou chez des étalons montant plusieurs fois sur le mannequin avant d'éjaculer, des concentrations inférieures à 100×10^6 spz/ml peuvent être observées.

La concentration en spermatozoïdes est diminuée en hiver (Janett F, 2003). De plus, lors de récoltes répétées dans des conditions identiques, un effet individuel est souvent observé, la concentration et le volume se stabilisant.

Lors d'un programme de récolte, les premières récoltes permettent de collecter les spermatozoïdes stockés dans la queue de l'épididyme après leur maturation (Brinsko SP, Blanchard TL 2000). Les premières récoltes, appelées purge, peuvent donc montrer des concentrations très élevées, ce qui correspond à la vidange de la réserve épидидymaire. Pour cette raison, il est recommandé d'effectuer un spermogramme après 3 récoltes au minimum réparties sur une semaine.

Nombre total des spermatozoids

Le nombre total de spermatozoïdes (Total Sperm Number, TSN) est déterminé en multipliant le volume par la concentration. Pour les raisons énoncées ci-dessus, il est préférable d'attendre la fin de la purge et d'observer une stabilisation du TSN après les premières récoltes avant de tirer des conclusions. Le TSN par éjaculat est généralement compris entre 4 et 12×10^9 spz. Ce nombre est plus constant que la concentration ou le volume. Cependant, il dépend de facteurs individuels, mais aussi de la saison (diminution en hiver) (Brinsko SP, Blanchard TL 2000, Janett F, 2003).

L'étude du TSN peut donner des informations quant à l'activité testiculaire et à l'excrétion des spermatozoïdes quant on le compare à la DSO. Après la purge, un programme de 5 récoltes sur 10 jours permettra d'obtenir une DSO observée par la formule:

$$DSO_{observée} = (TSN_{récolte\ 1} + TSN_{récolte\ 2} + TSN_{récolte\ 3} + TSN_{récolte\ 4} + TSN_{récolte\ 5}) / 10 \text{ (nbre de jours)}$$

A partir de ces données, la DSO observée sera comparée à la DSO attendue qui est calculée grâce au volume testiculaire déterminé par palpation ou par échographie comme décrit plus haut. Si la DSO observée est plus élevée que la DSO attendue, cela signifiera :

- Soit que la réserve épидидymaire n'est toujours pas purgée ;
- Soit que le programme de récolte est trop intense pour l'étalon, et qu'il faut ralentir la fréquence des saillies. Cette observation pourra être confirmée par l'augmentation de la proportion de gouttelettes distales lors de l'examen morphologique (voir plus bas).

Si la DSO observée est plus basse que la DSO attendue, cela signifiera :

- Soit qu'une pathologie testiculaire diminue la production normalement attendue de spermatozoïde ;
- Soit qu'une obstruction est présente sur les voies d'excrétion du sperme, comme par exemple lors d'obstruction des ampoules des canaux déférents. (Ponthier et al 2015)

Présence de cellules non spermatiques

Des colorations simples d'étalements sur lames, à l'aide de kits de type Diff-Quick® permettent de mettre en évidence des cellules non spermatiques dans le sperme. Cependant, ces techniques ne peuvent être utilisées pour déterminer leur concentration, les cellules non-spermatiques ne se répartissant pas équitablement sur les lames. La présence de globules rouges sur la lame (hémospermie) devra être mise en relation avec une contamination suite à une lésion du pénis ou à l'excrétion de sang par les testicules, épидидymes ou glandes annexes. La présence de cellules inflammatoires (leucospermie) est peu décrite chez le cheval. (Ponthier et al, 2015).

Cependant, une étude a montré que l'ajout in vitro de 5×10^6 neutrophiles/ml dans le sperme induisait une diminution de la mobilité des spermatozoïdes (Baumber J, 2002).

Récemment, la présence de cellules de type épithélial ou de débris cellulaires dans le sperme frais a été associée avec la concentration en myéloperoxydase et avec une diminution de la qualité du sperme après décongélation (Ponthier J, 2010, Ponthier J, 2012). Cependant, ces cellules n'avaient aucun effet sur la qualité du sperme frais (Ponthier J, 2010, Ponthier J, 2012).

Viabilité

Dans le langage commun de l'andrologie, le terme de viabilité décrit l'intégrité membranaire. Classiquement, l'étalement de spermatozoïdes sur une lame et leur coloration à l'éosine nigrosine permettait de déterminer le pourcentage de spermatozoïdes ayant une membrane intacte : l'éosine ne colorant que les spermatozoïdes dont la membrane était lésée (Brinsko SP, Blanchard TL 2000). Récemment, l'utilisation de la technologie NucleoCounter™ a permis de simplifier et d'objectiver la méthode de détermination du pourcentage de spermatozoïdes morts (Johansson CS, 2001). La concentration totale en spermatozoïdes est déterminée par coloration du noyau après rupture des membranes cellulaires dans un milieu détergent. La

concentration en spermatozoïdes morts est déterminée par coloration du noyau dans un milieu neutre (comme le PBS) : seuls les spermatozoïdes dont les membranes étaient préalablement lésées sont comptés. Le rapport concentration en spermatozoïdes morts sur concentration en spermatozoïdes totaux donnera ensuite le pourcentage de spermatozoïdes morts. Cette méthode évite le recours aux techniques de cytométrie de flux utilisant le PI qui sont plus complexes et coûteuses à mettre en place pour le même résultat. On espère que le pourcentage de spermatozoïdes vivants (à la membrane cellulaire intacte) doit être égal à la mobilité totale et supérieure à 70%.

Mobilité

Il est déconseillé de poser un diagnostic d'infertilité sur base d'un examen du premier éjaculat obtenu. En effet, les spermatozoïdes stockés dans le réservoir de la queue de l'épididyme y vieillissent et y meurent. Il est donc possible d'observer une faible mobilité sur les premiers éjaculats et une amélioration progressive au cours de la purge. Il est donc conseillé de réaliser plusieurs examens de mobilité (3 à 6) (Brinsko SP, Blanchard TL 2000) et après la période de purge.

La mobilité a longtemps été déterminée par examen de goutte épaisse sous le microscope. L'examineur déterminait le pourcentage de spermatozoïdes mobiles et de spermatozoïdes avançant en ligne droite, dénommés progressifs, de manière subjective. Pour réaliser un examen au microscope, il doit être équipé d'une plaque chauffante pour maintenir la lame à 37°C. La concentration doit être faible (20 à 30x10⁶spz/ml) et identique entre les différents éjaculats. L'utilisation de concentrations basses et semblables permet à l'œil de déterminer la mobilité de chaque spermatozoïde et évite d'influencer les résultats de mobilité. En effet, l'œil humain est naturellement attiré par la concentration, ce qui influencera positivement les résultats de mobilité si la concentration est plus élevée. L'examen par goutte épaisse au microscope ne permet que de donner une estimation à 5% de la mobilité et pour un même opérateur, la différence interpersonnelle étant parfois élevée. (Ponthier et al 2015).

Les méthodes CASA (Computer Assisted Sperm Analysis) ont permis de standardiser les examens de mobilité totale et progressive dans un même laboratoire et de caractériser le sperme au moyen de plusieurs paramètres. L'analyse au CASA demande également d'utiliser une concentration basse : une analyse CASA est validée si la machine utilise entre 700 et 900 cellules, ce qui correspond, pour la plupart des analyseurs, à une

concentration comprise entre 20 et 30×10^6 spz/ml. Cette dilution pourra être réalisée avec un milieu à base de lait, comme les extenders utilisés pour l'envoi de sperme frais (Brinsko SP, Blanchard TL 2000).

Le principe de fonctionnement du CASA repose sur la prise de positions successives de chaque spermatozoïdes. Classiquement, tous les 1/60 de seconde le CASA va prendre les positions des spermatozoïdes pendant 0.5s (30 positions). A partir de cette succession de positions, il tracera la trajectoire curvilinéaire et déterminera la vitesse sur cette courbe (Velocity Curvi Linear, VCL). D'autre part, pour le même spermatozoïde, le CASA ne va prendre en compte que la position de départ et d'arrivée du spermatozoïde après 0,5s. A partir de ces deux positions il va tracer la ligne droite et déterminera la vitesse de cette ligne droite (Velocity Straight Line, VSL). Le CASA va aussi lisser mathématiquement la courbe curvilinéaire sur la ligne droite pour tracer la trajectoire moyenne et en donner la vitesse (Velocity Average Path, VAP).

La mobilité totale est définie sur base de la VAP : un spermatozoïde est défini comme mobile si sa VAP est supérieure à une vitesse seuil. Le CASA calcule ensuite le pourcentage de spermatozoïdes mobiles. Chez le cheval, la mobilité progressive a été définie sur base de la VAP et de la rectitude (Straightness, STR : rapport de VSL sur la VAP). La VAP minimale est classiquement doublée par rapport à la VAP exigée pour la mobilité totale. Le CASA définit un spermatozoïde comme mobile si sa VAP et sa STR sont supérieures aux seuils fixés. Le CASA calcule ensuite le pourcentage de spermatozoïdes progressifs. (Ponthier et al 2015).

Le matériel d'analyse et les réglages de ces machines ne sont pas standardisés entre laboratoires et il est difficile de comparer les analyses entre des différents centres (Hoogewijs M et al 2011). En effet, ni les vitesses minimales, ni le type de lame, ou le milieu de dilution utilisés pour l'analyse de mobilité ne sont établis. Certaines différences fondamentales entre les cellules de lecture utilisées expliquent les différences de résultats. Deux types de cellules de lectures existent : celles où l'on dépose le sperme entre une lame et son couvre-objet (par exemple, goutte épaisse ou MaklerTM) et celles où le sperme déposé sera aspiré par capillarité dans la cellule (LejaTM, IsosTM). Dans ces dernières, le déplacement du sperme est plus lent et moins rectiligne, ce qui oblige à prendre des réglages moins exigeants. Le Tableau 1. Décrit des

réglages décrits dans la littérature pour les 2 types de cellules de lecture utilisés.

Tableau 1 : Proposition de réglages de CASA en fonction des cellules de lectures utilisées cité par Ponthier et al 2015

	Remplissage direct	Remplissage par capillarité
Mobilité totale	VAP >10-15µm/s (2) VAP >20µm/s (24)	VAP >15µm/s (7)
Mobilité progressive	VAP >10-15µm/s & STR >100% (2) VAP >40µm/s &	VAP >30µm/s & STR >50% (7)

Dans du sperme frais de bonne qualité, la mobilité totale doit être supérieure à 70% (Amann RP, 1993), mais ce facteur est peu pris en compte car la mobilité totale n'a jamais été associée à la fertilité. Dans du sperme frais de bonne qualité, la mobilité progressive est supérieure à 50-60%. Cependant des valeurs inférieures ne sont pas rédhibitoires. En effet, une dose de sperme frais contenant 500×10^6 spz progressifs (Brinsko SP, Blanchard TL 2000) (voire 300×10^6) est considérée comme suffisante pour observer une fertilité satisfaisante. Il faudra donc mettre les résultats en relation avec la concentration, le TSN et l'utilisation désirée de l'étalon.

Morphologie

L'examen morphologique peut être réalisé par étalement du sperme sur une lame et coloration rapide par un kit de type Diff-Quick® (Aziz N, et al 2004). Cependant, cette méthode peut provoquer des lésions des spermatozoïdes et donc interférer avec les résultats. Actuellement, l'examen morphologique est idéalement réalisé après dilution (1/40 v/v) de sperme dans du formol maintenu à 37°C pour éviter un choc thermique. Une goutte de 5µl de cette solution sont ensuite déposée sur une lame maintenue à 37°C, placée sous une lame couvre-objet et observée sous microscopie de contraste (Brinsko SP, Blanchard TL 2000). Il est ensuite recommandé de compter 200 spermatozoïdes au minimum (Bjorndahl L et al 2004, Brinsko SP, Blanchard TL 2000).

Les anomalies sont divisées en deux grands groupes. Les anomalies primaires sont des malformations du spermatozoïde produit dans le testicule et les anomalies secondaires sont dues à des défauts de maturation ou de manipulation du sperme. Par exemple, une queue enroulée dans sa partie distale peut être le signe d'un choc thermique. D'autre part, la proportion de gouttelettes distales révèle une utilisation de spermatozoïdes

n'ayant pas fini leur maturation dans la partie distale de l'épididyme. En cas de programme trop intense de récolte de l'étalon, les spermatozoïdes qui ne sont pas entièrement maturés seront de plus en plus recrutés. Ce phénomène fera augmenter la proportion de gouttelettes distales dans le sperme et sera à corrélérer avec la DSO calculée grâce au volume testiculaire de l'étalon.

Cytométrie de flux

Le recours à des molécules fluorescentes pouvant marquer spécifiquement certaines parties du spermatozoïde avait déjà permis d'en étudier les structures sous épifluorescence. L'analyse par cytométrie de flux permet de standardiser l'interprétation de la fluorescence émise par les sondes moléculaires spécifiques aux différentes parties du spermatozoïde (Varner DD, 2008). Diverses structures du spermatozoïde ont été étudiées : la fragmentation de l'ADN déterminée par l'acridine orange (Baumber J, 2004), le potentiel mitochondrial et l'apoptose étudiés par la coloration JC-1 & 7-AAD, l'intégrité de la membrane étudiée par le PI et l'intégrité de l'acrosome déterminée par le PNA (Oliveira CH, 2010). La peroxydation membranaire et la concentration en calcium dans le spermatozoïde peuvent aussi être déterminées par ces méthodes.

Ces méthodes ont déjà montré un grand intérêt clinique : chez l'homme, la fragmentation du DNA est liée à la fertilité du sperme (Evenson D, et al 2000) et chez le cheval le potentiel des mitochondries dans le sperme frais permet de prévoir la qualité du sperme après décongélation (Ortega-Ferrusola C, et al 2009). Cependant, les valeurs seuils de chaque test ne sont pas fixées et les seules observations cohérentes se font en comparant un individu de fertilité inconnue à un individu de fertilité connue (Morrell JM, 2006), ce qui limite les comparaisons entre équipes.

Dosage dans le sperm

En cas d'absence de spermatozoïdes dans l'éjaculat, le dosage des phosphatases alcalines permet de différencier une aspermie vraie (absence de production de spermatozoïdes) d'une obstruction des ampoules des canaux déférents. Le testicule et l'épididyme produisant de grandes quantités de phosphatase alcaline, celle-ci sera élevée si l'étalon est en aspermie et basse s'il y a une obstruction des voies spermatiques. (Ponthier et al 2015).

Le dosage de l'urée et de la créatinine peuvent avoir un intérêt lorsque le sperme est d'aspect jaunâtre, afin de déterminer si l'éjaculat a été contaminé par de l'urine. De la

même manière, en cas de suspicion d'éjaculation rétrograde, de l'urine pourra être récoltée après la saillie. Après centrifugation, le culot cellulaire pourra être examiné au microscope afin de mettre en évidence la présence de spermatozoïdes.

5. Endoscopie

Lors de suspicion de phénomène inflammatoire des vésicules séminales, une endoscopie urinaire et un cathétérisme des canaux des vésicules séminales peut être tenté sous forte sédation. Ces canaux se trouvent en arrière du col de la vessie à 2 et 10h au plafond de l'urètre. Une fois le cathéter placé dans les canaux excréteurs, un lavage est réalisé et une bactériologie est demandée sur le lavage. (Ponthier et al 2015).

6. Biopsie testiculaire

La biopsie testiculaire est le moyen utilisé en dernier recours pour le diagnostic d'infertilité. En effet, la rupture de la barrière hémospérmatique fait courir le risque de formation d'anticorps contre les spermatozoïdes et donc de dégénérescence testiculaire. Lorsque la production testiculaire est très atteinte sans que les examens précédents ne puissent l'expliquer, la biopsie testiculaire permettra parfois de conclure mais risque aussi d'aggraver la situation. (Brinsko SP, Blanchard TL 2000)

Deux techniques de biopsie sont décrites. L'aspiration à l'aiguille fine suivie d'un étalement peut être réalisée assez facilement, mais dont l'interprétation n'est pas toujours conclusive. La biopsie à proprement parler se déroule au bloc opératoire et nécessite une suture des structures incisées. Les pièces obtenues permettent de poser un diagnostic mais aussi un pronostic.

7. Dosages hormonaux

Les dosages hormonaux ont généralement peu d'intérêt lors de l'évaluation andrologique des étalons. La testostérone est sécrétée de manière cyclique chez le mâle : on compte 4 à 6 pics de testostéronémie par jour. Pour estimer si la concentration en testostérone est suffisante, il faudra donc réaliser un test de stimulation avec une hormone à effet LH (classiquement, l'hCG). La testostérone est parfois diminuée chez des individus en dégénérescence testiculaire très avancée. L'œstrone sulfate est naturellement sécrétée en grande quantité par l'étalon, mais elle est très variable entre individus, ne donnant que peu d'information clinique (Illera JC, et al 2003).

8. Conclusions

Les données obtenues lors de l'examen andrologique et les objectifs de l'étalon doivent être intégrés avant de donner des conclusions définitives. L'examen andrologique ne se réalise pas sur une journée : du temps et de la préparation sont nécessaires pour obtenir des données interprétables. Même si le volume, la concentration et la mobilité de l'éjaculat restent des valeurs cruciales dans l'analyse de l'éjaculat, les techniques modernes et l'intégration des différentes données sont nécessaires pour donner un diagnostic précis. (Ponthier et al 2015).

Physiologie et endocrinologie sexuelles

1. Physiologie sexuelle de la jument

L'activité reproductive est régulée par la photopériode mais aussi par la nutrition et le climat, principalement la température (Daels et Hughes, 1993). La jument est une espèce polyoestrienne saisonnière de jours « longs », à savoir que les cycles sexuels se succèdent sans interruption au cours du printemps et de l'été (saison sexuelle). Le cycle œstral est défini comme l'ensemble des modifications périodiques morphologiques, histologiques et physiologiques des organes génitaux et de la glande mammaire auxquelles sont jointes des modifications comportementales. Ces modifications créent toutes des conditions favorables à l'accouplement, la migration des gamètes, la fécondation, la nidation et la gestation. Ce cycle, dure en moyenne 21 jours et comprend deux phases (Hughes et al, 1975 ; Daels et Hughes, 1993) :

- L'œstrus

(5 à 7 jours) correspond à une période de réceptivité de la femelle au mâle et de préparation du tractus génital à recevoir la semence. Durant cette phase, un ou plusieurs follicules dominants croient jusqu'à se rompre (ovulation) 24 à 48 heures avant la fin de l'œstrus.

- Le diœstrus

Est une période de refus de l'étalon par la jument et de préparation du tractus génital à recevoir et nourrir le conceptus. Suite à l'ovulation, le follicule rompu laisse place à un corps jaune, ou corps lutéinique, qui persiste 14 à 15 jours avant de régresser

(lutéolyse) en l'absence de gestation. Durant les jours « courts » (d'octobre à février), la jument présente une période d'inactivité ovarienne. Entre ces deux périodes, la reprise ou l'arrêt des cycles se fait de : des façon progressive au cours de périodes dites de transition printanière et automnale croissances folliculaires sont présentes mais sans ovulation d'où une durée d'œstrus allongée (Hughes et al., 1975 ; Sharp et Davis, 1993).

2. Endocrinologie sexuelle lors du cycle œstral

2.1. Hormones hypothalamo-hypophysaires

L'augmentation de la durée d'éclairement lors des « jours » longs entraîne une inhibition de la sécrétion de mélatonine. Cette dernière exerce un rétrocontrôle négatif sur l'axe hypothalamo-hypophysaire durant la période de repos sexuel. Cela aboutit à une reprise d'activité de l'hypothalamus : la GnRH (gonadotrophin releasing hormone) est alors sécrétée de façon pulsatile et agit sur l'hypophyse antérieure par l'intermédiaire du système porte hypothalamo-hypophysaire. La synthèse des gonadotrophines, FSH (Follicule Stimulating hormone) et LH (Luteinizing Hormone), est ainsi stimulée. Ces dernières atteignent la circulation systémique pour agir au niveau de l'ovaire (Evans et Irvine, 1975 ; Daels et Hughes, 1993 ; Figure 1).

L'état nutritionnel de la jument peut modifier la fonction gonadotrope, avec un arrêt complet possible des cycles œstraux si la jument est trop maigre. Le tissu adipeux sécrète de la leptine qui induit la synthèse du neuropeptide Y qui à son tour stimule la sécrétion de GnRH par l'hypothalamus (Daels et Hughes, 1993).

La FSH est libérée pendant l'œstrus et permet la croissance folliculaire ainsi que la sélection d'un ou plusieurs follicules dominants. Elle est aussi responsable de la sécrétion d'œstrogènes par le follicule ainsi que de la formation des récepteurs à LH. Des vagues de croissance folliculaire vont se succéder au cours des cycles, avec un deuxième pic de FSH observé lors du diœstrus (Evans et Irvine, 1975 ; Daels et Hughes, 1993 ; Figures 1 et 2).

La LH provoque la synthèse d'œstrogènes par les follicules et joue un rôle majeur dans le phénomène ovulatoire. Sa sécrétion, longue et progressive, atteint un seuil élevé pendant plusieurs jours avec un seuil maximal 24 à 36 heures après l'ovulation. En phase lutéale, la LH exerce une action lutéinisante sur les cellules du corps jaune (celles de la thèque rompue car elles sont les seules à posséder des récepteurs pour cette hormone), et

favorise son maintien et son fonctionnement (Noden et al., 1975 ; Daels et Hughes, 1993 ; Figures 1 et 2).

2.2. Hormones stéroïdiennes Les œstrogènes

Pendant l'œstrus, le(s) follicule(s) dominant(s) sécrètent des œstrogènes qui ont un effet anti-FSH sur la croissance des autres follicules et qui exercent un rétrocontrôle positif sur la sécrétion hypophysaire de LH à l'origine du « pic » de LH et donc de l'ovulation. Leur sécrétion atteint un pic 1 à 2 jours avant l'ovulation. Plus un follicule est de diamètre important, plus la sécrétion d'œstrogènes est importante, ce qui amplifie le phénomène d'inhibition de croissance des follicules voisins (Noden et al., 1975 ; Daels et Hughes, 1993 ; Figure 1).

La progestérone

Pendant le diœstrus, le corps jaune (les cellules de la granulosa et de la thèque interne) sécrète de la progestérone qui exerce un rétrocontrôle négatif sur l'hypothalamus et empêche le démarrage d'un nouveau cycle. La sécrétion de progestérone augmente progressivement pour se stabiliser ensuite en plateau (Evans et Irvine, 1975 ; Daels et Hughes, 1993, Figure 2) . La progestérone a besoin d'une imprégnation préalable en œstrogènes pour stimuler la synthèse de ses récepteurs. Cette hormone, seule ou combinée aux œstrogènes, est responsable de modifications au niveau des sécrétions utérines avec une baisse du titre en anticorps de celles-ci et une augmentation du tonus utérin (Daels et Hughes, 1993 ; Squires, 1993 ; Figure 1).

En fin de cycle, s'il n'y a pas eu de fécondation, l'utérus sécrète la prostaglandine $F2\alpha$ ($PGF2\alpha$), qui est responsable de la lutéolyse et de la contractilité utérine. Cette production de prostaglandines par l'utérus serait influencée par les œstrogènes qui agissent sur l'expression des récepteurs à l'ocytocine au niveau du muscle lisse utérin. L'ocytocine stimule alors les contractions utérines et la production d'acide arachidonique, précurseur de la prostaglandine. La chute de progestérone en fin de diœstrus stimule la production de FSH par l'hypophyse et initie un nouveau cycle (Daels et Hughes, 1993 ; Katila, 2007 ; Figure 2).Lumière.

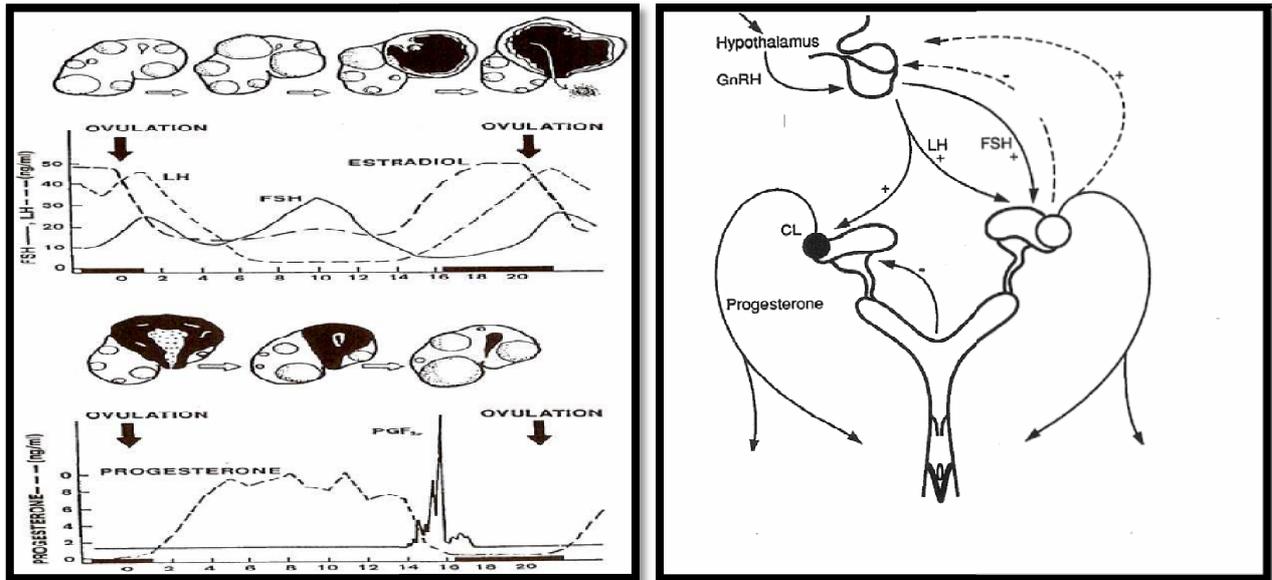


Figure 01 : Endocrinologie du cycle œstral **Figure 02** : Changements hormonaux pendant le cycle œstral (Daels et Hughes, 1993).

C. Changements morphologiques et histologiques au niveau de l'utérus

Les changements au niveau de l'utérus pendant le cycle œstral sont essentiellement contrôlés par la progestérone et les œstrogènes (Allen, 1988 ; Samper et Pycoc, 2007).

1. Variations morphologiques

Au cours de l'œstrus, les modifications suivantes vont apparaître (Barone et Poirier, 1955 ; Hughes et Stabenfeldt, 1975 ; Daels et Hughes, 1993 ; Ginther, 1993 ; Barone, 2001 ; Samper et Pycoc, 2007 ; Katila, 2007 ; Image 3) :

- Une absence de tonus utérin.
- Un développement de l'œdème utérin.
- La congestion et l'hyperhémie de la muqueuse utérine
- Une contractilité de l'utérus pour faciliter le transport de la semence et l'élimination des déchets, excédents de semence, bactéries et produits de l'inflammation.
- L'abondance des sécrétions utérines et la baisse de viscosité.
- La mise en place d'invaginations glandulaires.

- Le développement des plis endométriaux qui deviennent hauts, épais, d'aspect œdématisé et hémorragique.



Figure 03 : Image des Plis de l'endomètre lors de l'œstrus. Œdème et aspect brillant des plis (Ginther, 1993).

Au cours du diœstrus, les modifications suivantes vont apparaître (Hughes et Stabenfeldt, 1975 ; Squires, 1993 ; Ginther, 1993 ; Samper et Pycocck, 2007 ; Katila, 2007 ; Image 4) :

- Une augmentation du tonus utérin.
- La disparition de l'œdème utérin.
- Une augmentation de l'épaisseur de la paroi utérine.
- Une inhibition des contractions utérines.



Figure 04 : Image des Plis de l'endomètre lors du diœstrus. Disparition de l'œdème (Ginther, 1993).

La dynamique utérine va dépendre ensuite de l'état gestant ou non. S'il n'y a pas de gestation, il y a alors involution lente et progressive de l'utérus (Squires, 1993 ; Samper et Pycock, 2007).

2. Variations histologiques

Les changements morphologiques observés au cours du cycle œstral sont accompagnés de modifications histologiques (Barone, 2001).

2.1. Myomètre

Sous l'action des œstrogènes, l'épaisseur du myomètre augmente. Le stratum vasculaire fait l'objet de variations au cours de l'œstrus, il se développe de façon remarquable. Les faisceaux musculaires semblent agir sur la circulation sanguine : en comprimant les gros éléments veineux, ils contribuent avec la dilatation active des artères (imprégnation oestrogénique) à l'hyperhémie de la muqueuse. Celui-ci va en réalité particulièrement se développer dans la région où s'effectue l'implantation : la base des cornes utérines (Barone, 2001).

2.2. Endomètre

Au niveau de l'endomètre, les modifications suivantes sont rencontrées (Barone et Poirier, 1955 ; Kenney, 1978 ; Doig et Waelchli, 1993 ; Barone, 2001 ; Images 5,6 et 7) :

- L'épithélium est colonnaire, en général, simple mais il peut être cubique lors des périodes d'anœstrus ou de diœstrus. Sa taille est maximale en période œstrale, il peut atteindre jusqu'à 50µm. La proportion des deux types d'épithélioctes va aussi être l'objet de variations selon les périodes. Les épithélioctes ciliés se raréfient au cours de l'œstrus mais deviennent nombreux lors du diœstrus. Les non ciliés acquièrent quant à eux des villosités plus longues et plus importantes en période œstrale.

- Le stratum compactum : cette couche sous épithéliale est peu sujette aux variations.

Le stratum spongiosum est la couche la plus sujette aux variations notamment d'épaisseur et d'aspect au cours du cycle œstral. Lors de l'œstrus, son épaisseur est alors possible maximale et la vascularisation devient extrêmement dense. Il est d'observer un œdème stromal. Les glandes utérines, de type tubaire simple ou peu. D'autre part, du ramifiées, s'allongent, se ramifient et deviennent très flexueuses et moins fait de l'œdème

stromal, lors de l'œstrus, elles apparaissent plus éparées nombreuses. Progressivement, leur épithélium devient plus haut, les cellules de celui-ci se multiplient et prennent des caractères sécrétoires. L'endomètre passe alors dans une phase sécrétoire active.



Figure 05 : Image d'une Section d'endomètre d'une jument en œstrus (Doig et Waelchli, 1993).

En diœstrus, la couche est qualifiée de « basse », elle est alors peu riche en glandes et est moins vascularisée. L'œdème stromal diminue, ce qui donne une impression de densité glandulaire plus importante (Barone et Poirier, 1955; Kenney, 1978 ; Doig et Waelchli, 1993 ; Barone, 2001 ; Image 6).



Figure 06 Image d'une Section d'endomètre d'une jument en diœstrus, aspect tortueux des glandes en coupe (collier de perles) (Doig et Waelchli, 1993).

Lors des périodes de repos (anoestrus), les glandes deviennent peu flexueuses, plus courtes et étroites. Leur épithélium perd ses caractères sécrétoires et reprend le type colonnaire bas ou cubique (Barone et Poirier, 1955 ; Kenney, 1978 ; Doig et Waelchli, 1993 ; Barone, 2001 ; Image 7)

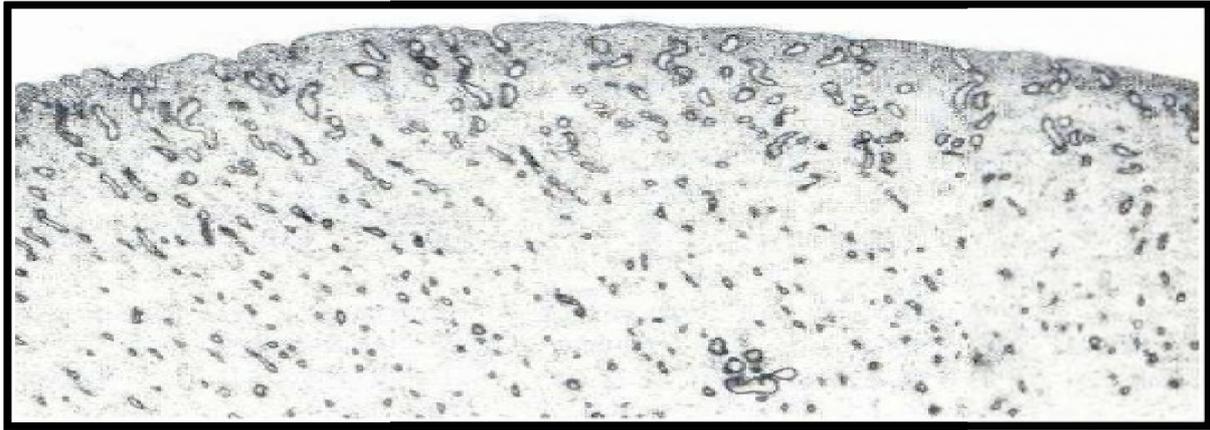


Figure 07 : Image d'une Section d'endomètre d'une jument en anœstrus, glandes inactives (Doig et Waelchli, 1993).

2.3. Les vaisseaux sanguins

Les vaisseaux sanguins et lymphatiques de l'endomètre vont beaucoup s'accroître au cours de l'œstrus. Une dilatation active des artères est constatée sous l'influence des œstrogènes. Tout ceci résulte en une accumulation de liquide interstitiel au sein de l'endomètre lui conférant un caractère œdématié. Le chorion sera très vascularisé lors de l'œstrus, il sera parfois possible d'observer en certains points de véritables lacs sanguins. De plus, une accumulation de leucocytes dans les veinules vers la lumière utérine se produit. Lors du diœstrus, la vascularisation sanguine se fait plus discrète et les vaisseaux lymphatiques ne sont plus discernables (Barone et Poirier, 1955 ; Kenney, 1978 ; Barone, 2001).D. L'utérus en début de gestation (jusqu'au 40e jour)

1. Physiologie du début de gestation

La gestation est définie comme le temps nécessaire au développement de l'œuf fécondé au sein de l'organisme maternel jusqu'à son expulsion (parturition). Deux phases sont distinguées : la phase de pro-gestation au cours de laquelle l'œuf est libre puis la gestation au sens strict qui débute par l'implantation de l'œuf dans l'utérus suivie de la formation du placenta et se termine à la parturition (Allen, 1988; Flood, 1993).

Chez la jument, la durée de la gestation est comprise entre 320 et 350 jours soit environ onze mois. La période pendant laquelle l'embryon est non implanté peut se diviser en deux phases : la phase tubaire (en moyenne 5 à 6 jours) et la phase utérine, qui se

termine lorsque le trophoblaste et l'épithélium utérin adhèrent l'un à l'autre au 40e jour de gestation (Allen, 1988; Flood, 1993).

Après l'ovulation, l'ovocyte bloqué en métaphase II arrive dans l'oviducte dans les 6 à 8 heures suivant cet événement. La fécondation a lieu dans l'ampoule après l'arrivée des spermatozoïdes capotés. L'ovocyte fécondé va alors migrer dans la trompe utérine vers l'utérus tout en continuant son développement embryonnaire. Son transport à travers l'oviducte serait permis par des contractions du myosalpinx initiées par les prostaglandines E2 libérées par la vésicule embryonnaire. Les divisions successives le transforment en une morula après 4 ou 5 jours suivant l'ovulation puis en un blastocyte (7e jour) (Allen, 1988; Flood, 1993).

Après son arrivée dans l'utérus, le 6e jour de gestation, l'embryon de forme sphérique, va s'entourer d'une capsule faite de glycoprotéines qui joueraient un rôle de protection mécanique lors de sa migration intra-utérine. La vésicule embryonnaire est particulièrement mobile dans l'espèce équine, avec une phase de mobilité maximale entre le 11e et le 14e jour de gestation. Ces phases migratoires permises par les contractions utérines le transportent dans toutes les parties de l'utérus, que ce soient le corps ou les cornes. Ces migrations sont indispensables à la reconnaissance maternelle de la gestation, c'est ainsi que toutes les parties de l'endomètre reçoivent le signal émis par l'embryon. Ainsi, le corps jaune est maintenu et la gestation peut se poursuivre (Allen, 1988; Flood, 1993).

Progressivement, la mobilité de la vésicule diminue, elle entre dans une phase de stagnation et, du fait de l'augmentation de son volume, elle se retrouve en quelque sorte «coincée» à la base d'une des cornes utérines. Il est alors possible d'observer une phase d'orientation de la vésicule embryonnaire (entre le 17e et le 20e jour) de sorte que le disque embryonnaire rentre en contact avec l'endomètre. Puis, il y a fixation de la vésicule, l'embryon se détache progressivement de la paroi trophoblastique et se retrouve alors au pôle ventral de la vésicule. Par la suite, le développement de l'allantoïde va faire migrer l'embryon dorsalement. L'organogenèse de ce dernier sera complète au bout de 35 jours de gestation (Allen, 1988; Flood, 1993).

L'implantation a donc lieu à la base d'une des cornes utérines du côté antimésométral. La portion endométriale sur laquelle va venir se fixer l'embryon n'est pas

manifestement différente d'une autre, mais la base des cornes utérines reçoit à ce niveau une large branche de l'artère utérine (Allen, 1988; Flood, 1993).

Les interactions entre le conceptus et l'endomètre sont impossibles tant que la capsule est présente. C'est pourquoi les cellules trophoblastiques entourant celui-ci vont progressivement se transformer : il est alors possible d'observer un trophoblaste transparent entourant la majeure partie du conceptus ainsi qu'une bande blanche de cellules trophoblastiques hyperplasiées correspondant à la ceinture chorionique. Cette dernière atteint sa maturité vers le 35^e jour de gestation. A partir du 36^e ou 37^e jour, les cellules de cette ceinture migrent, viennent envahir et détruire l'épithélium de l'endomètre pour s'implanter dans le stroma sous forme d'amas cellulaires denses qui donnent naissance aux cupules endométriales. Celles-ci vont persister au maximum jusqu'au 100-150^e jour de gestation et sont à l'origine de la sécrétion de eCG (equine Chorionic Gonadotrophin) anciennement dénommée PMSG (pregnant mare serum gonadotrophin) (Allen, 1988; Flood, 1993).

Le trophoblaste très vascularisé est en contact étroit avec l'endomètre dès le 25^e jour. Un début d'interaction entre les microvillosités des cellules du trophoblaste et l'épithélium utérin a été décrit dès le 38-40^e jour. Des macrovillosités fœtales (qui deviendront des microcotylédons) commencent à apparaître dès le 45^e jour comme des structures rudimentaires qui se développent progressivement jusqu'à la formation d'une véritable attache placentaire constituée de microcotylédons fœtaux et de microcaroncules maternelles (Allen, 1988; Flood, 1993).

2. Endocrinologie du début de gestation

Les 14 premiers jours de la gestation sont similaires d'un point de vue endocrinologique à la phase lutéale d'une jument non gestante. Le corps jaune issu de l'ovulation sécrète de la progestérone. Grâce au signal de reconnaissance maternelle émis par l'embryon, l'utérus ne sécrète pas de prostaglandines F_{2α} : le corps jaune n'est donc pas lysé aux 14 e-15 e jours post-ovulation, le taux de progestérone reste élevé. Ce corps jaune primaire continuera sa production d'hormones stéroïdiennes pendant 25 jours supplémentaires et sera maintenu jusqu'au 120^e jour de gestation. Dans l'espèce équine, des corps jaunes secondaires ou accessoires sont formés vers le 40^e jour de gestation afin de maintenir une sécrétion de progestérone suffisante : un deuxième pic de progestérone est ainsi observé vers le 40^e jour de gestation. La progestérone d'origine ovarienne est

ainsi maintenue jusqu'au 150^e jour de gestation avant que le placenta ne prenne complètement le relais. En réalité, la sécrétion de progestérone d'origine fœto-placentaire semblerait débiter dès le 30^e jour de gestation (Ganjam et al, 1975 ; Allen, 1988 ; Figure9).

Une autre spécificité de la jument réside dans la sécrétion d'eCG par les cupules endométriales : elle est détectée dans le sang maternel à partir du 35^e-42^e jour de gestation, atteint sa concentration maximale vers 55 à 65 jours puis diminue progressivement jusqu'à 100-150 jours de gestation. Celle-ci possède plusieurs rôles : le maintien du corps jaune primaire, la formation de corps jaunes secondaires et un rôle immunorégulateur dans le maintien de la gestation. L'existence de cupules endométriales est un élément important à prendre en compte lors d'arrêts précoces de gestation. Si l'arrêt de la gestation survient après la formation des cupules endométriales, la sécrétion d'eCG se poursuit et la jument peut ne pas revenir en chaleur pendant trois mois du fait de la présence de corps jaunes (Allen, 1988 ; Flood, 1993 ; Figures 9 et 10).

Concernant les œstrogènes, plusieurs sources existent chez la jument gestante produits localement par le conceptus vers le 12^e jour de gestation, mais qui n'atteignent pas la circulation générale, ceux produits par l'ovaire qui augmentent en parallèle à la production d'eCG et ceux produits par l'unité fœto placentaire qui augmenteront à partir de 60 jours de gestation (Allen, 1988 ; Flood, 1993).

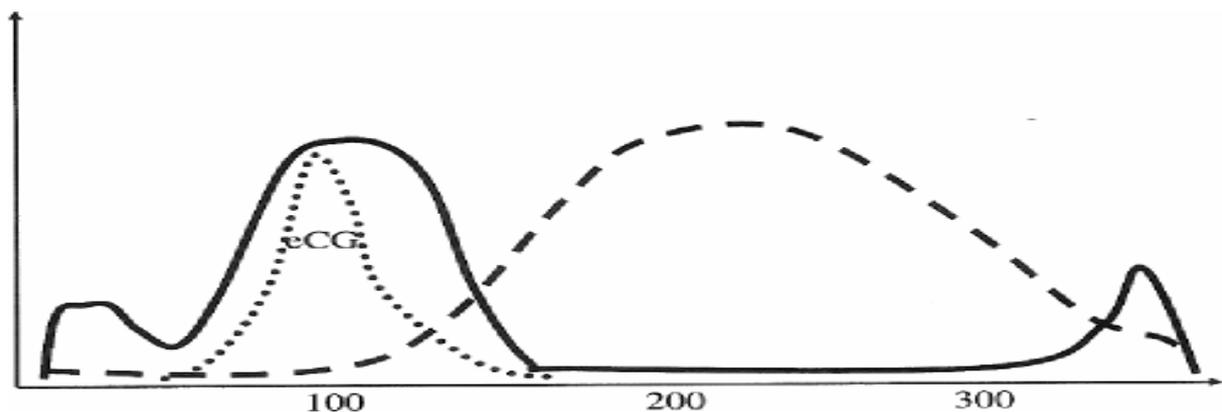


Figure 08 : Evolution de la concentration en œstrogènes au cours de la gestation chez la jument (Allen, 1988).

3. Changements morphologiques et histologiques de l'utérus :

En début de gestation Lors de l'arrivée de la vésicule embryonnaire 5 à 6 jours après la fécondation, le milieu utérin doit être préparé à la recevoir. Des changements caractéristiques de l'utérus vont alors se produire. L'utérus gravide maintient sa forte tonicité au delà du 16e-18e jour post-ovulation. Il est probable que l'augmentation de tonicité utérine en début de gestation conduit à un contact étroit entre la vésicule embryonnaire et l'endomètre qui optimise sans doute les transferts de nutriments vers la vésicule non encore fixée. De plus, grâce à cette augmentation locale de turgidité, la réduction du diamètre utérin est accentuée, ce qui contribue à la fixation de cette dernière (Allen, 1988 ; Silva et al., 2005).

L'utérus devient donc progressivement turgescant, tonique et plus étroit entre les 15e et 21e jour post ovulation. Le corps et les cornes utérines prennent ensuite l'aspect de « tuyau » rigide suite à l'augmentation du tonus utérin. A partir de 21 jours, il est possible de constater une « enflure » de 3 à 5 cm de diamètre à la base d'une corne. Au fur et à mesure que le conceptus grossit, celle-ci devient plus large mais reste globalement sphérique (Allen, 1988).

Pour promouvoir la migration du conceptus au sein de la cavité utérine, des contractions myométriales sont mises en place. Celles-ci sembleraient être initiées par des stimulations locales du conceptus (Silva, et al., 2005). Le myomètre voit donc ses fibres musculaires s'épaissir et leur longueur se décupler (Barone, 2001).

Ensuite, la fixation de la vésicule se produit dans un lieu où la mobilité est restreinte : la base des cornes. Des changements morphologiques sont de nouveau constatés. Le développement de la corne gravide devient rapidement prépondérant, son volume augmente, la paroi de l'utérus s'épaissit surtout au niveau myométrial afin d'acquiescer une plus grande force contractile en vue de la parturition. Les fibres du myomètre sont le siège d'une hypertrophie et d'une hyperplasie, elles se renforcent et se multiplient. En réalité, ce sont la partie moyenne et la base de la corne gravide (qui correspondent au territoire de distribution de l'artère utérine) qui présentent le plus grand développement. Cependant malgré cette forte croissance de l'organe, la paroi utérine s'épaissit modérément jusqu'au 16e jour. Ce n'est que par la suite qu'elle subira un épaississement plus marqué. Ses constituants vont être renforcés (hypertrophie) et

multipliés (hyperplasie) en même temps que ses vaisseaux prennent un volume considérable (Barone, 2001).

Avec la gestation, les vaisseaux du myomètre vont particulièrement se développer afin de fournir un apport sanguin adéquat pour le conceptus. L'abondance des vaisseaux donne alors à la musculature une coloration rosée. Le stratum vasculare va particulièrement croître au lieu de l'implantation future de l'embryon, à savoir la base des cornes. Il fournit de nombreuses ramifications permettant la création de réseaux. En effet, de longues artères vont migrer du plexus vasculaire entre les glandes utérines vers la surface pour venir approvisionner les microcaroncules (Figure 11). Une vascularisation et une perfusion utérine correctes sont donc indispensables aux futurs échanges entre la mère et son fœtus (Barone, 2001). Suite à la parturition, il se produira une reconstruction, un remodelage de la paroi des vaisseaux mais avec l'augmentation du nombre de gestation mais aussi avec l'âge, les vaisseaux ne subissent plus une involution correcte et des lésions vasculaires dégénératives apparaissent. Celles-ci semblent être plus sévères au niveau des vaisseaux myométriaux que des vaisseaux de l'endomètre (Grüninger, et al., 1998).

Parallèlement, se développent les ligaments larges et les vaisseaux sanguins qu'ils contiennent, leur diamètre augmente et le débit sanguin est multiplié. L'expansion de la vascularisation utérine à l'intérieur de ces ligaments lors de la gestation est extrêmement importante et n'est retrouvée nulle part ailleurs dans l'organisme. Les modifications apportées par la gestation sont si importantes que l'utérus ne retrouvera en réalité jamais intégralement son état primitif. Les vaisseaux vont demeurer plus gros et surtout plus longs, les artères étant particulièrement flexueuses (Barone, 2001). L'endomètre subit aussi des modifications profondes : il s'épaissit, devient hyperhémique. Il montre une congestion intense avec parfois de petites hémorragies interstitielles (Barone et Poirier, 1955). Le chorion devient très riche en gros vaisseaux sanguins et lymphatiques. Les changements de perfusion vasculaire de l'endomètre en début de gestation semblent de même se produire de façon concomitante avec les changements de localisation du conceptus (Silva, et al., 2005). La sécrétion des glandes endométriales produit un véritable lait utérin ou embryotrophe destiné à la nutrition de l'embryon avant la formation du placenta (Barone et Poirier, 1955; Barone, 2001 ; Collin, 2005 ; Ginther, 1995 ; Figure 09).

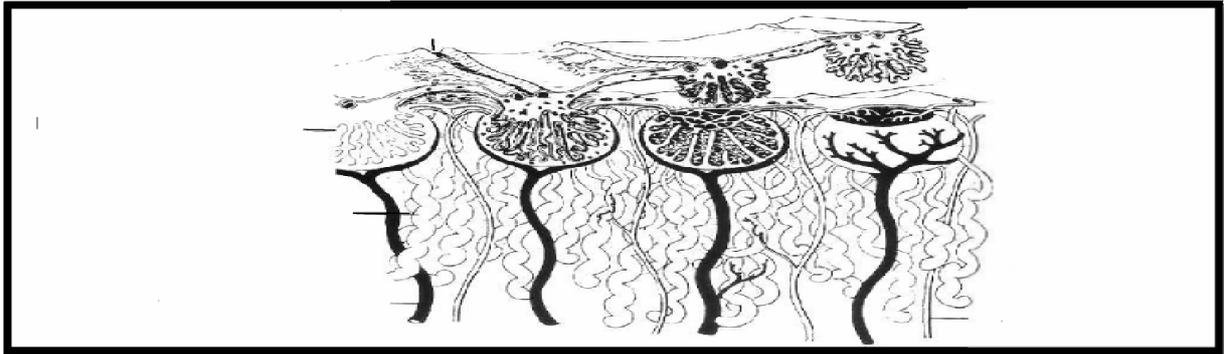


Figure 09 : Représentation schématique de la placentation chez la jument. Importance du système de vascularisation (Ginther, 1993).

L'utérus est donc un organe qui est sujet à de nombreuses variations au cours de la période d'activité sexuelle et de la gestation. Ces changements, sous contrôle hormonal, y ont aboutissent à la création d'un environnement utérin viable pour l'arrivée de l'embryon assurent par la suite sa nutrition avant la formation du placenta. Néanmoins, tout élément venant modifier l'anatomie de l'utérus, tout particulièrement les troubles de la vascularisation, peuvent engendrer des infertilités chez la jument. C'est pourquoi nous allons nous intéresser aux principaux facteurs intrinsèques de subfertilité impliquant l'utérus chez la jument, en mettant l'accent sur les perturbations de sa vascularisation.

CHAPITRE 02

Le sang est composé d'éléments solides : les globules rouges, les globules blancs et les plaquettes, en suspension dans un milieu liquide appelé plasma. Lorsque le sang coagule, la fraction liquide restante, appelée sérum, ne contient plus les facteurs de la coagulation, dont le fibrinogène fait partie, mais elle contient des produits de la dégradation des facteurs de la coagulation.

Les fonctions du sang, autres que le transport d'oxygène et des cellules de l'immunité, sont assurées par le plasma. Le plasma est constitué d'eau, d'électrolytes, de métabolites, de nutriments, de protéines et d'hormones. Nous allons étudier dans un premier temps les éléments solides du sang, avant de nous intéresser à certaines molécules plasmatiques.

I. Les paramètres hématologiques

A) Les érythrocytes :

1. Structure

Appelées aussi globules rouges ou hématies, ce sont les cellules quantitativement majoritaires dans le sang. Dépourvues de noyau et d'organites, leur métabolisme est basé sur la glycolyse. Chez le cheval leur diamètre est compris entre 5 et 6 μm et ils tendent à former des rouleaux lors de la réalisation de frottis (Grondin et Dewitt, 2010 ; Latimer et Rakich, 1992 ; Reagan et al., 2008a), mais cette agglutination en rouleaux est réversible et n'est pas pathologique (Cordonnier et Fontaine, 2005). Une particularité du cheval est qu'environ 1% des hématies présente un corps de Howell-Jolly, qui est un reliquat de noyau (Cordonnier, 2009).



Figure 10 : Hématies de cheval en rouleaux.

Coloration de May-Grünwald et Giemsa, x1 00 Avec l'aimable autorisation du Dr Cordonnier Unité d'histologie et d'anatomie pathologique de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort (ENVA).

2. Fonction

Leur principale fonction est le transport de dioxygène (O₂) des poumons aux tissus et le transport de dioxyde de carbone (CO₂) des tissus aux poumons. Leur forme ronde biconcave augmente le rapport surface/volume et optimise les échanges gazeux.

3. Régulation

Elles sont synthétisées dans la moelle osseuse hématopoïétique et leur synthèse est estimée chez les Mammifères à 2,5 milliards d'érythrocytes par kilogramme de poids et par jour, soit environ 1,25.10¹² érythrocytes par jour chez un cheval de 500kg. La synthèse se fait en continu, tout au long de la vie de l'animal (Cordonnier et Fontaine, 2005). La durée de vie d'une hématie varie d'une espèce à l'autre, elle est comprise entre 140 et 155 jours chez le cheval (Grondin et Dewitt, 2010). Les hématies en fin de vie sont phagocytées par les macrophages de la rate, du foie et de la moelle osseuse, la rate étant l'organe le plus apte à reconnaître les hématies endommagées. En effet, dans la rate, les globules rouges sont obligés de passer entre les cellules endothéliales des sinus veineux et ceux endommagés, qui sont moins souples, se retrouvent séquestrés dans le système réticulé de la rate et phagocytés (Baerlocher et al., 1994; Weiss, 1984).

4. Interprétation

Leur nombre s'exprime en globules rouges par millimètre cube de sang (GR/mm³).

- Un nombre anormalement bas de globules rouges est souvent un signe d'anémie. Il peut résulter d'un défaut d'érythropoïèse, ou d'une destruction des hématies circulantes.
- Un nombre anormalement élevé de globules rouges est appelé polyglobulie. Elle peut être primitive, par exemple lors d'une tumeur des cellules souches de la moelle osseuse hématopoïétique, ou secondaire, par exemple lors d'hypoxie chronique.

B) L'hémoglobine

1. Structure

L'hémoglobine est constituée d'une hétéroprotéine, appelée globine et composée de quatre chaînes polypeptidiques α_1 , α_2 , β_1 et β_2 , et de quatre hèmes qui renferment chacun un

atome de fer (Cordonnier et Fontaine, 2005). Elle se trouve dans les hématies dont elle est le principal constituant, puisqu'elle représente 95% des protéines intracellulaires de l'hématie (Murray, 2002a) et auxquelles elle donne leur couleur puisque l'hémoglobine est également un pigment (Cordonnier et Fontaine, 2005). Une faible quantité d'hémoglobine se situe dans le plasma où elle est liée à une protéine appelée haptoglobine.

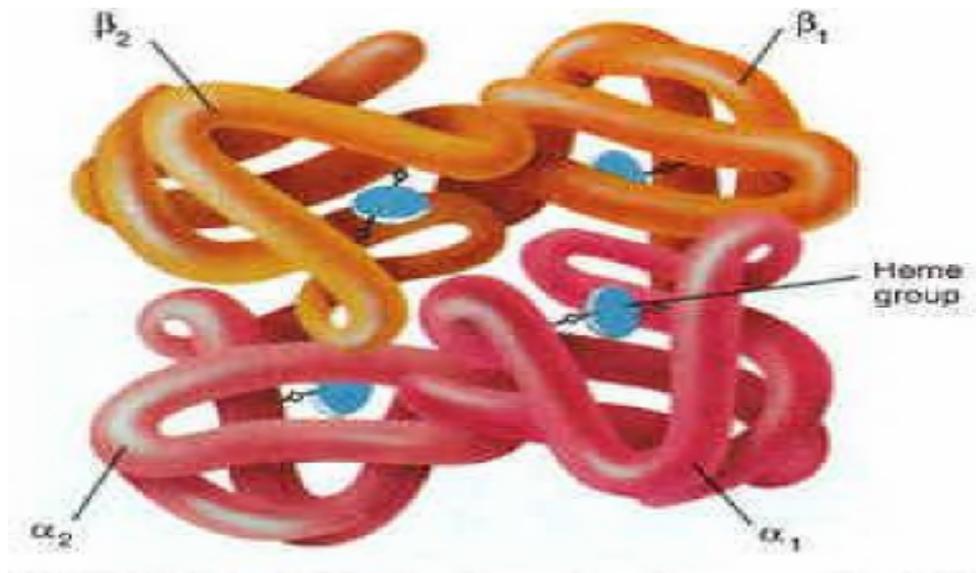


Figure 11 : Représentation simplifiée d'une molécule d'hémoglobine.

D'après <http://www.poissoncentre.be/sommaire.php?lang=fr>

2. Fonction

Chaque hème peut fixer une molécule de O_2 . L'hémoglobine est aussi capable de fixer les molécules de CO_2 produit par les tissus et participe dans une certaine mesure à l'équilibre acido-basique en captant des protons.

3. Régulation

Le catabolisme de l'hémoglobine conduit à la formation de bilirubine.

4. Interprétation

Le taux sanguin d'hémoglobine, ou hémoglobinémie, s'exprime en grammes d'hémoglobine par décilitre de sang (g/dL).

- Une valeur anormalement basse est le signe d'une anémie.
- Une valeur anormalement haute est le signe d'une hémococoncentration.

C) L'hématocrite

1. Définition

L'hématocrite est le rapport du volume occupé par les hématies et du volume sanguin total. Pour le calculer, du sang est prélevé sur anticoagulant (par exemple l'éthyldiamine tétracétate ou EDTA) puis placé dans un tube capillaire et centrifugé. A l'issue de la centrifugation, on divise la longueur du tube occupée par les hématies par la longueur totale occupée par le sang, comme cela est représenté dans la figure 3.

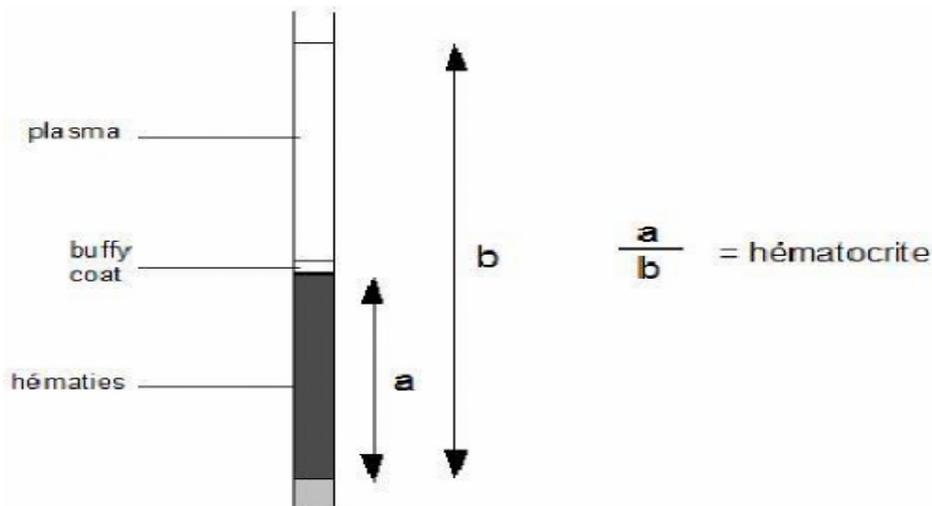


Figure 12 : schéma d'un tube capillaire après centrifugation.

2. Interprétation

L'hématocrite s'exprime en pourcentage. La mesure de l'hématocrite permet d'objectiver une éventuelle anémie et permet d'évaluer l'hémococoncentration du sang : l'hématocrite est augmenté en cas de déshydratation ou en cas de polyglobulie.

D) La teneur globulaire moyenne en hémoglobine et la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine

1. Définition

La Teneur Globulaire Moyenne en Hémoglobine (TGMH), appelée aussi Teneur Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine (TCMH), représente la masse moyenne d'hémoglobine contenue dans une hématie.

La Concentration Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine (CCMH) représente la masse moyenne d'hémoglobine pour un volume donné d'hématies.

2. Interprétation

La TGMH s'exprime en picogrammes (pg) et la CCMH s'exprime en grammes par décilitre (g/dL).

La TGMH et la CCMH permettent de déterminer si la population des hématies est :

- Normochrome, c'est-à-dire que les hématies contiennent une quantité normale d'hémoglobine.
- Hypochrome, c'est-à-dire que les hématies contiennent une quantité d'hémoglobine diminuée, comme cela peut être le cas lors d'anémie ferriprive.

E) Le Volume Globulaire Moyen

1. Définition

Le volume globulaire moyen (VGM) est le volume moyen d'un globule rouge.

2. Interprétation

Il s'exprime en femtolitres (fL) ou en micromètres cube (μm^3) et permet de qualifier la population érythrocytaire de :

- Normocytaire lorsque le VGM est dans les valeurs usuelles.
- Microcytaire lorsqu'il est inférieur aux valeurs usuelles : c'est le cas dans les anémies

ferriprives.

➤ Macrocytaire lorsqu'il est supérieur aux valeurs usuelles : cela peut par exemple être observé lors d'une anémie régénérative avec l'arrivée massive dans le sang de globules rouges immatures dont la taille est supérieure aux globules rouges matures (Cordonnier et Fontaine, 2005).

F) Les leucocytes

1. Structure

Les leucocytes, aussi appelés globules blancs, sont les cellules du système immunitaire. Dans le sang, on les classe en trois grandes catégories : les granulocytes ou polynucléaires, les lymphocytes et les monocytes. Tous sont de forme ronde et possèdent un noyau.

➤ Les granulocytes ont un noyau plurilobé et sont divisés en trois sous-catégories en fonction de leur morphologie et des propriétés tinctoriales de leurs granules cytoplasmiques : les granulocytes neutrophiles, les granulocytes éosinophiles et les granulocytes basophiles.

➤ Les granulocytes neutrophiles sont les leucocytes quantitativement majoritaires dans le sang périphérique chez le cheval. Leur diamètre varie de 10 à 12 μm . La segmentation du noyau est un peu moins marquée chez le cheval que chez d'autres espèces (Reagan et al., 2008b).

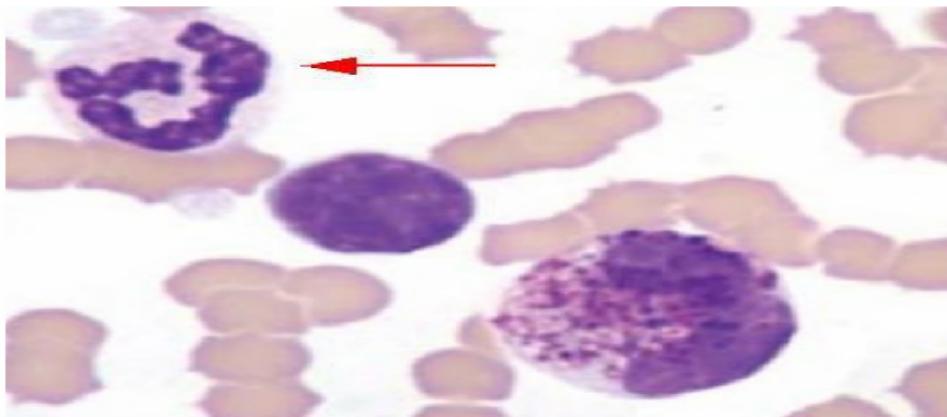


Figure 13 : Granulocyte neutrophile de cheval.

D'après IDEXX VetAutoread Hematology Analyzer—Casebook

➤ Les granulocytes éosinophiles (cf figure 12) sont un peu plus grands que les granulocytes neutrophiles et leurs granules cytoplasmiques nombreux et ronds leur donnent un aspect de mûre (Latimer et Rakich, 1992).

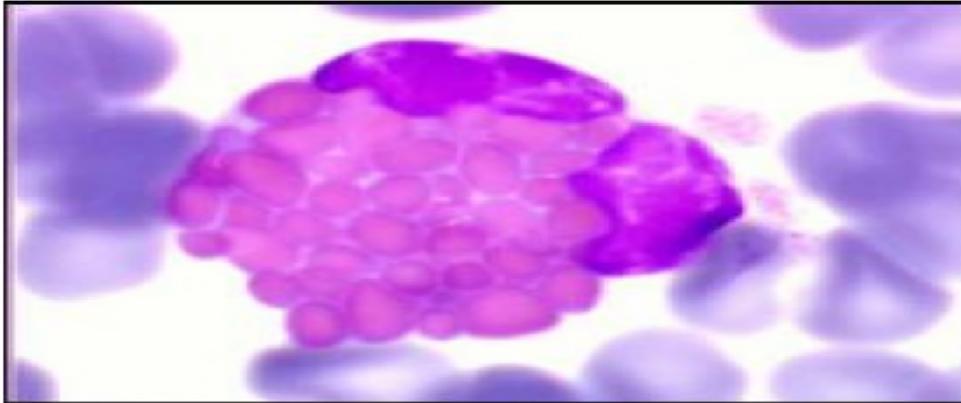


Figure 14 : Granulocyte éosinophile de cheval.

Coloration de May-Grünwald et Giemsa, x100 Avec l'aimable autorisation du Dr Cordonnier Unité d'histologie et d'anatomie pathologique de l'ENVA.

➤ Les granulocytes basophiles sont eux aussi un peu plus grands que les granulocytes neutrophiles. Ils possèdent de nombreux granules cytoplasmiques de petite taille, qui apparaissent plus sombres que les granules des granulocytes éosinophiles (Latimer et Rakich, 1992). Le cheval est l'espèce chez laquelle on observe le plus fréquemment des granulocytes basophiles, alors qu'ils sont très rarement observés dans les autres espèces domestiques (Reagan et al., 2008b).

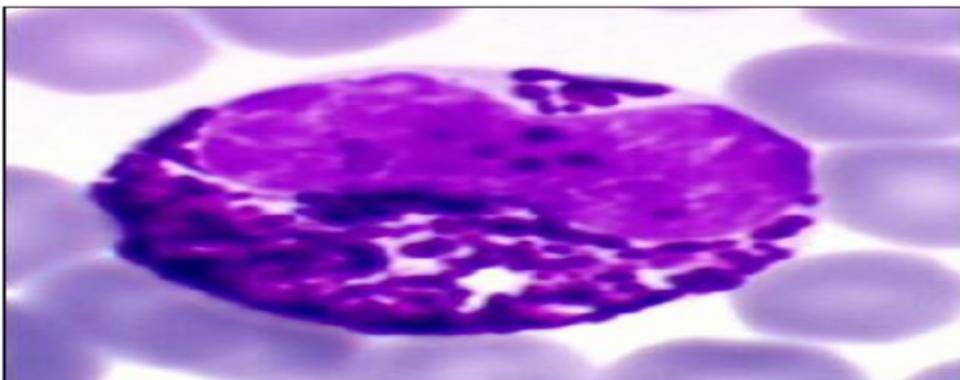


Figure 15 : Granulocyte basophile de cheval.

Coloration de May-Grünwald et Giemsa, x100 Avec l'aimable autorisation du Dr Cordonnier Unité d'histologie et d'anatomie pathologique de l'ENVA.

Chapitre II : Synthèse sur les paramètres sanguins du cheval

➤ Le deuxième type cellulaire quantitativement majoritaire dans le sang périphérique est représenté par les lymphocytes (cf figure 14). Ils ont une taille intermédiaire entre celle des hématies et celle des granulocytes neutrophiles. Leur noyau est rond à ovale, parfois légèrement indenté, et leur rapport nucléoplasmique est élevé. (Latimer et Rakich, 1992 ; Reagan et al., 2008b).

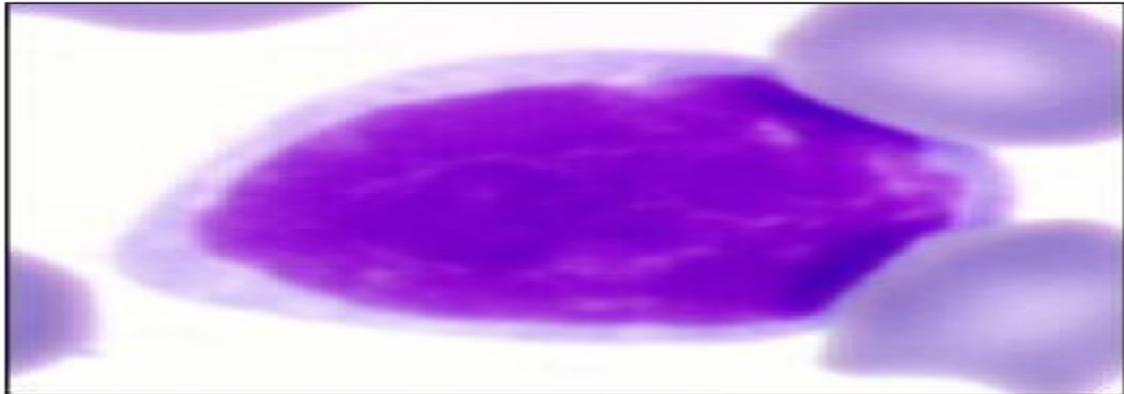


Figure 16 : Lymphocyte de cheval

Coloration de May-Grünwald et Giemsa, x1 00 Avec l'aimable autorisation du Dr Cordonnier Unité d'histologie et d'anatomie pathologique de l'ENVA.

➤ Les monocytes sont les plus grands leucocytes circulants, avec un diamètre allant de 15 μm à 20 μm . La forme de leur noyau est variable : il peut être ovale, bilobé, en forme de fer à cheval, trilobé ou irrégulier. Ils peuvent parfois présenter des pseudopodes (Latimer et Rakich, 1992; Reagan et al., 2008b).

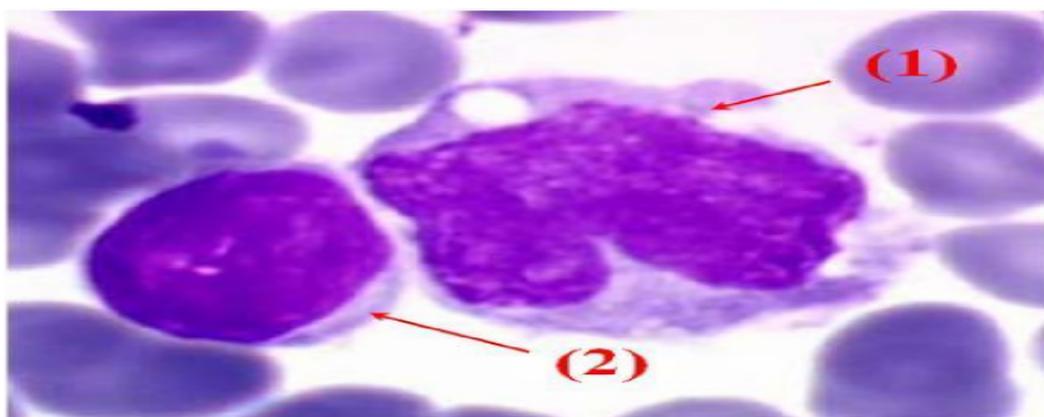


Figure 17 : (1) Monocyte et (2) lymphocyte de cheval

Coloration de May-Grünwald et Giemsa, x1 00 Avec l'aimable autorisation du Dr Cordonnier Unité d'histologie et d'anatomie pathologique de l'ENVA.

2. Fonction

- ✚ Les granulocytes (Murray, 2002 ; Deldar, 1998): les granulocytes neutrophiles, impliqués dans la phase aiguë de l'inflammation et dans la phagocytose des bactéries.
- ✚ Les granulocytes éosinophiles, impliqués dans les réactions d'hypersensibilité et dans certaines infestations parasitaires.
- ✚ Les granulocytes basophiles, ils contiennent de l'histamine et de l'héparine et sont impliqués dans certaines réactions d'hypersensibilité immédiates et retardées. Ils interviennent également dans les processus inflammatoires, le métabolisme lipidique et la coagulation sanguine.
- ✚ Les monocytes sont les précurseurs des macrophages qui phagocytent les bactéries (Murray, 2002 ; Deldar, 1998).
- ✚ Les lymphocytes sont impliqués dans la mise en place de la réponse immunitaire face à un agent infectieux et dans des processus de lyse des cellules infectées ou tumorales (lymphocytes T), ainsi que dans la synthèse d'anticorps (plasmocytes issus de la différenciation de lymphocytes B) (Murray, 2002 ; Deldar, 1998).

3. Régulation

Les leucocytes sont synthétisés dans la moelle osseuse hématopoïétique avant, pour certains, de subir une phase de maturation dans la moelle osseuse ou dans le thymus. La synthèse des granulocytes chez les mammifères est estimée à 1 milliard de cellules par kg de poids et par jour, soit 5.10¹¹ cellules par jour chez un cheval de 500kg (Cordonnier et Fontaine, 2005).

4. Interprétation

Le taux sanguin de leucocytes totaux s'exprime en valeur absolue, généralement en leucocytes par millimètre cube de sang (leucocytes/mm³) ou en milliers de leucocytes par millimètre cube de sang (10³ leucocytes/mm³)

Le taux sanguin des différentes populations leucocytaires prises une à une s'exprime de deux manières :

- En valeur absolue, comme les leucocytes totaux.
- En valeur relative, c'est-à-dire la proportion de la population, ou lignée, leucocytaire considérée par rapport à la population leucocytaire totale. La valeur relative est donc un pourcentage (%).
- Une augmentation du nombre de leucocytes, ou leucocytose, s'interprète différemment en fonction de la population leucocytaire mise en cause :
 - ✚ Leucocytose neutrophilique : phénomène inflammatoire et/ou infectieux.
 - ✚ Leucocytose éosinophilique : phénomène parasitaire et/ou allergique.
 - ✚ Leucocytose basophilique : rarement observée.
 - ✚ Lymphocytose : néoplasie lymphoïde, parfois suite à une exposition à un antigène (Welles,2010).
 - ✚ monocytose : rarement observée une diminution du nombre de leucocytes, ou leucopénie, marque une immunodépression.

Il peut parfois y avoir association leucopénie d'une lignée-leucocytose d'une autres lignée. C'est le cas en situation de stress : le leucogramme se trouve modifié selon une formule dite de stress^{ll}. La formule de stress est caractérisée par une neutrophilie modérée, une lymphopénie, une éosinopénie et un comptage variable des monocytes (Carakostas et al., 1981a; Carakostas et al., 1981b;Osbaldiston et Johnson, 1972).

G) Les plaquettes

1. Structure

Les plaquettes (cf figure 17), aussi appelées thrombocytes, sont des fragments cellulaires anucléés ronds mesurant environ de 2 μm à 4 μm de diamètre. Chez le cheval, les plaquettes apparaissent moins colorées que dans les autres espèces domestiques (Reagan et al., 2008c; Cordonnier, 2009).

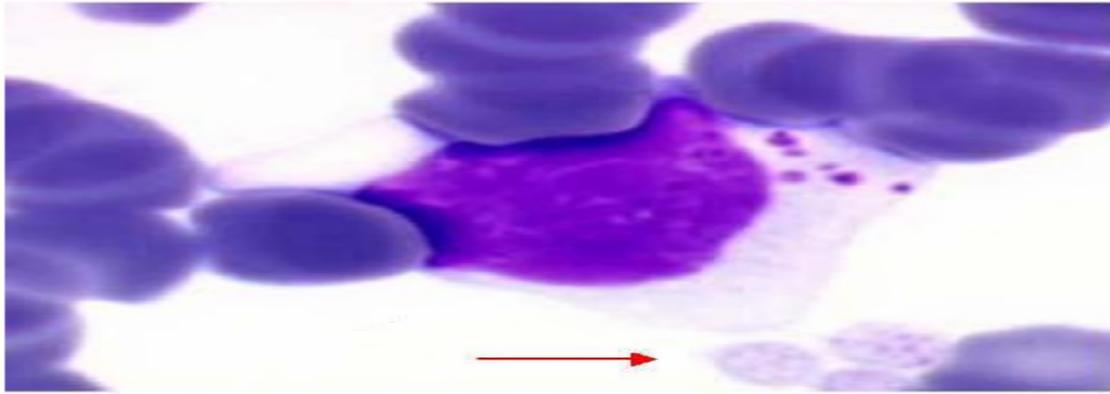


Figure 18 : Plaquettes de cheval

Coloration de May-Grünwald et Giemsa, x100 Avec l'aimable autorisation du Dr Cordonnier Unité d'histologie et d'anatomie pathologique de l'ENVA.

5. Fonction

Lors de l'hémostase, on distingue trois phases :

- La formation d'un agrégat de plaquettes
- La formation d'un réseau de fibrine autour de l'agrégat de plaquettes
- La dissolution partielle ou totale du caillot par la plasmine

Les plaquettes, qui interviennent dès la première phase de l'hémostase, permettent la coagulation en se fixant aux parois vasculaires lésées (Rand et Murrey, 2002).

6. Régulation

Les plaquettes, au même titre que les globules rouges et les leucocytes, sont synthétisées dans la moelle osseuse hématopoïétique. Leur synthèse est estimée chez les Mammifères à 2,5 milliards de plaquettes par kilogramme de poids et par jour, soit environ $1,25 \cdot 10^{12}$ plaquettes par jour chez un cheval de 500 kg . La synthèse se fait en continu, tout au long de la vie de l'animal (Cordonnier et Fontaine, 2005). Leur durée de vie est plus courte que celle des hématies puisqu'elle est en moyenne de 9 à 12 jours. Une partie des plaquettes circulantes est séquestrée dans la rate et peut être libérée dans le sang par contraction splénique. Les plaquettes en fin de vie sont phagocytées par des macrophages dans la rate, et dans une moindre mesure, dans le foie et dans la moelle osseuse (Deldar, 1998).

Le taux sanguin de plaquettes s'exprime en plaquettes par millimètres cubes de sang (pqt/mm³) Une thrombopénie, c'est-à-dire un nombre anormalement bas de plaquettes, peut-être due à :

- ✓ Une synthèse insuffisante : lors d'une atteinte de la moelle osseuse, par exemple une perte excessive : par hémorragie ou par consommation excessive de plaquettes, comme c'est le cas lors de Coagulation IntraVasculaire Disséminée (CIVD).
- ✓ Une thrombocytose, c'est-à-dire un nombre anormalement élevé de plaquettes, a différentes origines :
 - ❖ Artéfactuelle : des fragments cellulaires provenant d'érythrocytes ou de leucocytes peuvent engendrer une pseudothrombocytose.
 - ❖ La thrombocytose physiologique: elle correspond à la mise en circulation des plaquettes normalement séquestrées dans la rate, par contraction de cette dernière (Wardyn et al., 2008).
 - ❖ La thrombocytose secondaire : la thrombopoïèse est stimulée de façon exagérée par les cytokines, dans un contexte inflammatoire ou néoplasique (Sellon et al., 1997).

H) Le fibrinogène

1. Structure

Le fibrinogène, appelé aussi facteur I de la coagulation, est une glycoprotéine plasmatique soluble formée de trois paires de chaînes polypeptidiques différentes (A α , B β , γ)₂. Leur structure est telle qu'elle empêche l'agrégation de molécules de fibrinogène entre elles par électroréulsion comme le montre la figure 18.

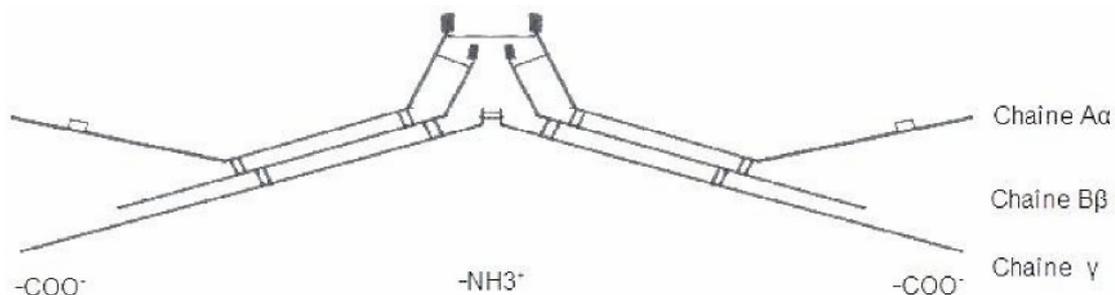


Figure 19 : Schéma d'une molécule de fibrinogène D'après Biochimie de Harper, 25^{ème} édition, Murray, Granner, Mayes, Rodwell

2. Fonction

La fibrine qui intervient durant la deuxième phase de l'hémostase, provient du clivage du fibrinogène par la thrombine (Rand et Murray, 2002). En outre, le fibrinogène joue aussi un rôle dans l'inflammation. Il fait partie des protéines de la phase aiguë de l'inflammation, car en générant de la fibrine, il permet de —séquestrer les lésions et d'initier les processus de cicatrisation (Eckersall, 2008).

3. Régulation

Ces trois chaînes sont synthétisées par le foie. La fibrine issue du clivage du fibrinogène est dégradée par la plasmine qui peut aussi dégrader directement le fibrinogène (Rand et Murray, 2002).

4. Interprétation

Le fibrinogène s'exprime en grammes par litre (g/L), en milligrammes par décilitre (mg/dL), ou en micromoles par litre ($\mu\text{mol/L}$). Chez le cheval, une augmentation de la fibrinogénémie, ou hyperfibrinogénémie, marque la présence d'une inflammation aiguë.

II. Les paramètres biochimiques

Les paramètres biochimiques sont des molécules dont le dosage nous renseigne sur le statut d'un organe. Souvent, un paramètre biochimique n'est pas spécifique d'un organe et il faut combiner les dosages de plusieurs paramètres biochimiques pour statuer sur l'état d'un organe. C'est pourquoi nous aborderons les paramètres biochimiques en les regroupant selon l'organe commun sur lequel ils apportent une information.

A) Exploration de la fonction hépatique

1. Les acides biliaires

a) Structure

Les acides biliaires sont des molécules organiques possédant une chaîne carbonée aliphatique hydrophobe à l'extrémité de laquelle existe une fonction acide $-\text{COOH}$, qui, sous

sa forme basique $-\text{COO}^-$, est hydrophile. Cette structure amphiphile permet la formation de micelle et la solubilisation des graisses dans un milieu aqueux.

b) Fonction

Ils ont un rôle majeur dans la digestion des lipides et des molécules liposolubles dans l'intestin.

c) Régulation

Les acides biliaires sont synthétisés exclusivement par le foie à partir du cholestérol et constituent environ 2/3 des solides totaux de la bile. Ils sont synthétisés sous forme d'acides biliaires primaires et sont sécrétés par les hépatocytes dans la bile, conjugués à la taurine (forme majoritaire chez le cheval) ou à la glycine. Dans la plupart des espèces domestiques, les deux principaux acides biliaires primaires sont l'acide cholique et l'acide chénodésoxycholique. Les acides biliaires suivent ensuite un cycle entéro-hépatique : après avoir été sécrétés dans le duodénum, la majeure partie des acides biliaires (98 à 99%) est réabsorbée dans l'iléon et la partie restante est réabsorbée dans le gros intestin, où les acides biliaires primaires deviennent des acides biliaires secondaires, l'acide lithocholique et l'acide déoxycholique, sous l'action d'enzymes bactériennes. Une infime fraction est éliminée dans les fèces. Les acides biliaires primaires et secondaires sont ensuite prélevés de la circulation portale par le foie pour être à nouveau sécrétés dans la bile (Tennant et Center, 2008 ; Hornbuckle et al., 2008).

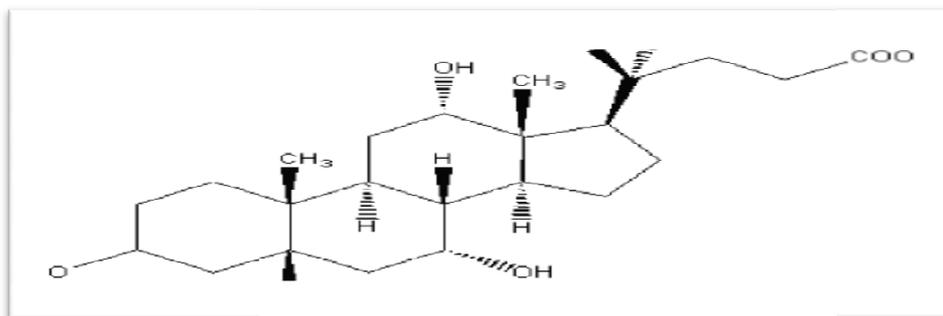


Figure 20 : Représentation de Cram d'une molécule d'acide cholique

d) Interprétation

Les acides biliaries s'expriment en micromoles par litre de sang ($\mu\text{mol/L}$).

Certaines situations pathologiques entraînent un passage anormal des acides biliaries dans la circulation périphérique :

- Les affections hépatocellulaires : parasitaires, virales, bactériennes ou autres.
- La cholestase : obstruction des voies biliaries par des parasites, ou encore des lithiases.
- Un shunt vasculaire porto-systémique.

2. La bilirubine totale

a) Structure

La bilirubine est une molécule organique issue du catabolisme des chromoprotéines, et principalement de l'hémoglobine. Ce pigment qui donne sa couleur verte à la bile existe sous deux formes dans l'organisme : une forme dite non conjuguée (cf figure 12), dite aussi forme libre ou forme indirecte, et une forme dite conjuguée (cf figure 13), appelée aussi forme directe. La forme non conjuguée est liposoluble, tandis que la forme conjuguée est hydrosoluble.

La bilirubine totale désigne l'ensemble des deux formes.

b) Fonction

La bilirubine permet l'élimination de l'hémoglobine plasmatique non liée à l'haptoglobine sous forme d'une molécule moins toxique pour les reins. Elle aurait un rôle antioxydant, dans le plasma, mais aussi et surtout au niveau des membranes cellulaires (Ferreira et Reid, 2008).

c) Régulation

Lors du catabolisme de l'hémoglobine, les globines sont hydrolysées en acides aminés et l'hème est transformé par le système hème oxygénase en bilirubine non conjuguée.

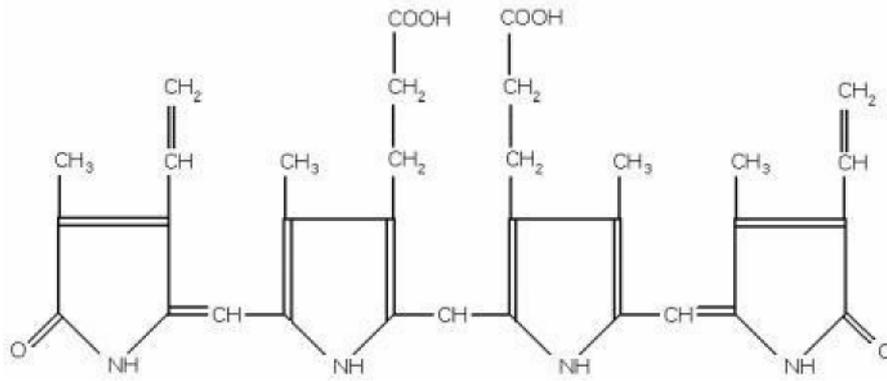


Figure 21 : Formule semi-développée d'une molécule de bilirubine non conjuguée
D'après La bilirubine, JM Michaux, cours de chimie biologique I, 2010-2011.

Le transport de la bilirubine non conjuguée dans le plasma est assuré par l'albumine. Dans le foie, la bilirubine pénètre dans les hépatocytes grâce à un système de transport facilité. Elle subit alors une glucurono-conjugaison, c'est-à-dire la fixation d'acides glucuroniques qui la rendent hydrosoluble, pour devenir la bilirubine conjuguée. Chez le chien et le cheval, une petite partie de la bilirubine non-conjuguée peut être conjuguée par le rein (Cordonnier et fontaine, 2005). Une fois conjuguée, la bilirubine est sécrétée dans la bile par un mécanisme de transport actif.

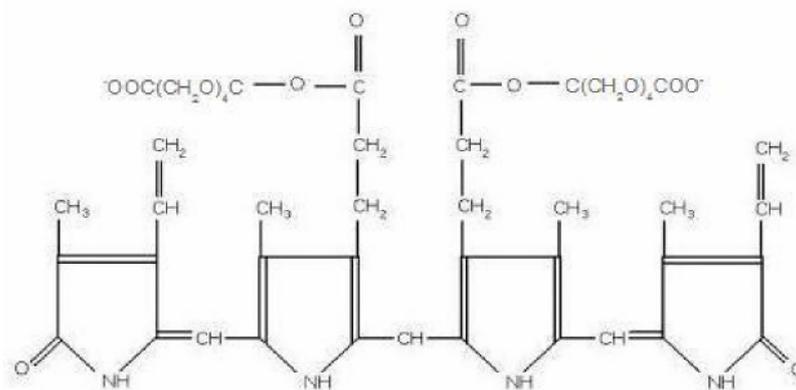


Figure 22 : Formule semi-développée d'une molécule de bilirubine conjuguée
D'après Biochimie de Harper, 25^{ème} édition, Murray, Granner, Mayes, Rodwell.

Dans l'iléon terminal et le côlon, la bilirubine conjuguée est dégradée par des enzymes bactériennes en urobilinogènes (incolores). Une petite partie des urobilinogènes est réabsorbée et réexcrétée à travers le foie, mais la majeure partie est oxydée en urobilines et excrétée avec les fèces auxquels elle donne leur couleur (Murray, 2002b).

d) Interprétation

La bilirubinémie s'exprime en micromoles par litre ($\mu\text{mol/L}$) ou en milligrammes par litre (mg/L). L'augmentation de la bilirubinémie est responsable des ictères. Elle peut être augmentée selon plusieurs mécanismes :

➤ La libération massive d'hèmes dans le sang, lors d'anémie hémolytique. Les hépatocytes sont alors sains mais la quantité de bilirubine à conjuguer dépasse leur capacité fonctionnelle. L'augmentation concerne alors surtout la bilirubine non conjuguée.

➤ L'atteinte des hépatocytes, qui sont alors moins aptes à capter et conjuguer la bilirubine non conjuguée, et moins aptes à sécréter la bilirubine conjuguée dans les voies biliaires. L'augmentation concerne alors les deux formes de bilirubine.

➤ La cholestase. L'obstruction des voies biliaires empêche la sécrétion de la bile dans le duodénum et la bilirubine conjuguée passe dans la circulation sanguine. L'augmentation concerne alors surtout la bilirubine conjuguée.

3. La gamma glutamyl transférase

a) Structure

La gamma glutamyl transférase (GGT) est une enzyme de nature protéique se présentant sous forme de dimère. Elle est localisée essentiellement dans la membrane plasmique des tubules rénaux et dans le reticulum endoplasmique des hépatocytes (Murray, 2002c).

b) Fonction

La GGT est une carboxypeptidase qui clive le groupe glutamyl C-terminal de substrats pour les transférer à des peptides, ou à d'autres molécules telles que la glycyglycine (Shaw, 1983) ou encore à l'eau (Hoffmann et Solter, 2008). Toutes les cellules à l'exception des

cellules musculaires ont une activité GGT membranaire et cytosolique (Boyd, 1983; Milne et Doxey, 1985).

c) Régulation

La GGT étant une enzyme, sa quantité est régulée par son expression génomique, et son activité par la présence ou non de son cofacteur, et par la quantité de substrats à métaboliser.

d) Interprétation

Ce n'est pas la quantité de GGT qui est dosée directement mais son activité enzymatique, et elle s'exprime en unités internationales par litre à 30°C (UI/L à 30°C). Les plus grandes quantités de GGT cellulaires se retrouvent au niveau de la bordure en brosse des epithelia des voies biliaires et des tubules rénaux (Hoffman et Solter, 2008). Lors de cholestase, l'accumulation de bile engendre une pression dans les voies biliaires qui induit la synthèse de GGT, ensuite libérées dans le sang.

4. Les protéines totales

a) Structure

Les protéines sont des polymères d'acides-aminés. Les protéines sériques sont divisées en 2 catégories :

➤ L'albumine

C'est une protéine de petite taille. Elle assure sa fonction grâce à l'existence à sa surface de plusieurs sites de fixation d'affinités variables au niveau desquels elle établit des liaisons non covalentes avec les molécules qu'elle transporte.

➤ Les globulines

Les globulines sont subdivisées en α -globulines, β -globulines et γ -globulines selon leur vitesse de migration électrophorétique, les protéines les plus petites migrant le plus rapidement:

✚ - α -globulines : chez la plupart des espèces on distingue une fraction rapide (α 1-

globulines) et une fraction lente (α_2 -globulines). Elles comprennent notamment : les lipoprotéines, la macroglobuline, l'haptoglobine, la céruloplasmine, ou encore l'amyloïde A.

- ✚ - β -globulines : comme pour les α -globulines, on distingue une fraction rapide (β_1 -globulines) et lente (β_2 -globulines). Elles comprennent notamment : les protéines du complément, la transferrine, la ferritine, la protéine C-réactive, le fibrinogène, les IgM, ou encore les IgA.
- ✚ - γ -globulines : ce sont des immunoglobulines : IgA, IgM, IgE en γ_1 , IgG en γ_2 (Eckersall, 2008).

Le résultat d'une électrophorèse après interprétation est montré dans la figure 23.

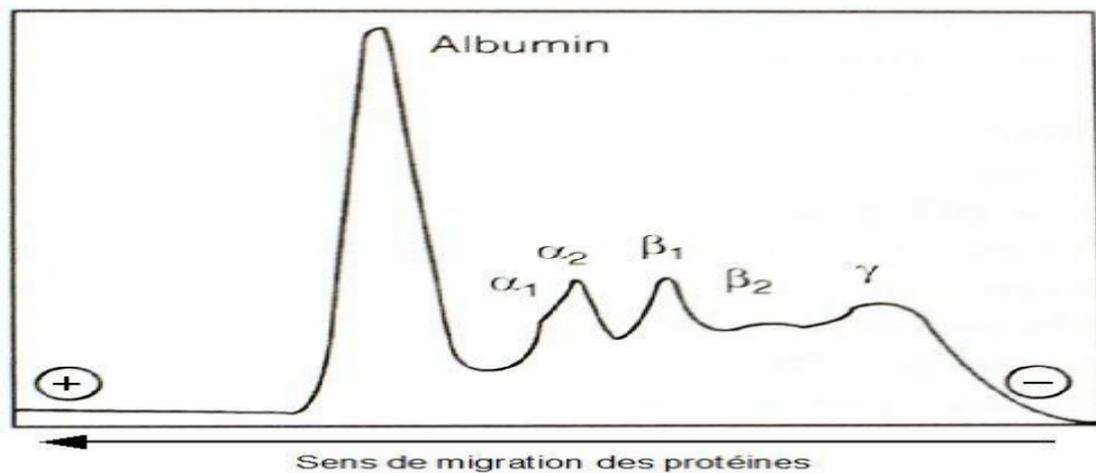


Figure 23 : Électrophorétogramme de cheval

D'après Kaneko, Harvey, Bruss, editors. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, 6th ed.

b) Fonction

Les protéines sériques assurent de nombreuses fonctions :

- ✚ Maintien de la pression oncotique.
- ✚ Transport de molécules liposolubles.
- ✚ Immunité.

- ✚ Messagers chimiques (insuline, adrénaline,...).
- ✚ Médiateurs de l'inflammation.
- ✚ Coagulation.
- ✚ Système tampon.

L'albumine en particulier a deux principales fonctions qui sont le maintien de la pression oncotique et le transport dans le sang de molécules liposolubles, comme par exemple la bilirubine ou les hormones stéroïdiennes, et d'ions, comme le calcium Ca^{2+} , le cuivre Cu^{2+} ou encore le zinc Zn^{2+} (Rand et Murray, 2002).

c) Régulation

L'albumine est synthétisée par le foie et représente environ la moitié des protéines totales. Son temps de 1/2 vie est d'une vingtaine de jours chez le cheval (Mattheeuws et al., 1966). Les globulines sont pour la plupart elles aussi synthétisées par le foie, mais certaines sont fabriquées par des cellules plasmatiques, comme par exemple la synthèse des γ -globulines par les plasmocytes ou encore par les cellules endothéliales, voire par d'autres cellules (Eckersall, 2008). La dégradation de l'albumine a lieu aussi bien dans le foie que dans d'autres organes tels que les muscles, les reins et la peau (Eckersall, 2008). Cependant le foie est le site majeur de dégradation des acides-aminés (Stryer, 1995a). Les protéines destinées à être dégradées sont marquées par une petite protéine, l'ubiquitine, puis digérées par un complexe protéasique qui consomme de l'Adénosine Triphosphate (ATP) (Stryer, 1995b).

d) Interprétation

La protéinémie s'exprime en grammes par litre (g/L).

- Une hyperprotéinémie est le signe d'une inflammation, d'un phénomène infectieux, ou d'une déshydratation.
- Une hypoprotéinémie peut avoir pour origine une insuffisance de production de protéines, en cas d'atteinte hépatique, ou une fuite de protéines :
 - ✓ Hémorragie.

- ✓ Pertes par voie digestive : vomissements, diarrhée.
- ✓ Pertes par voie rénale : syndrome néphrotique.

Toutefois la protéinémie seule peut manquer de spécificité, et il est parfois nécessaire de coupler son dosage à celui de l'albuminémie, afin de savoir si la modification de la protéinémie est due à une variation de l'albuminémie, de la globulinémie ou des deux (Eckersall, 2008):

✚ En ce qui concerne l'albuminémie, qui s'exprime aussi en g/L :

- Hyperalbuminémie : déshydratation.

✚ Hypoalbuminémie : pertes de protéines par voies digestive et/ou rénale et/ou création d'un troisième compartiment, insuffisance hépatique En ce qui concerne la globulinémie, qui s'exprime aussi en g/L :

- Hyperglobulinémie : processus infectieux en cours.
- Hypoglobulinémie : immunodépression.

B) Exploration de la fonction rénale

1. La créatinine

a) Structure

La créatinine (cf figure 23) est une molécule organique qui se forme dans les muscles et est issue de la dégradation de la créatine phosphate, par déshydratation irréversible et perte d'un groupement phosphate (Rodwell, 2002).

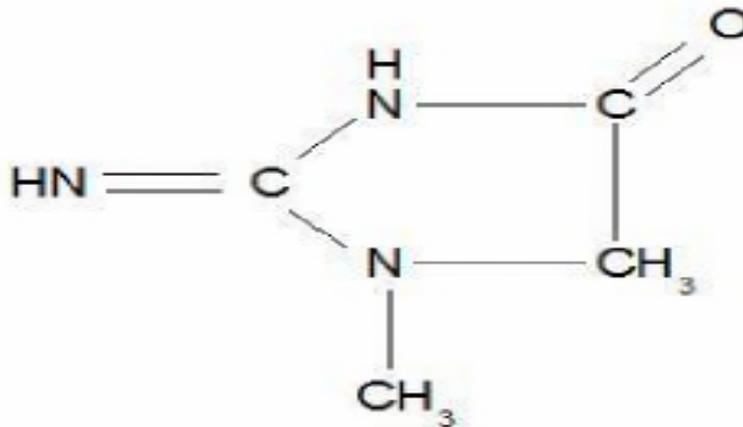


Figure 24: Formule semi-développée de la créatinine

D'après Murray, Granner, Mayes, Rodwell, editors. Biochimie de Harper, 25^{ème} éd.

b) Fonction

Elle permet l'élimination des molécules de créatine phosphate altérées.

c) Régulation

Chez le cheval, la quantité de créatinine formée chaque jour dépend uniquement de la quantité de créatine synthétisée, et donc de la masse musculaire de l'individu. En effet, chez le cheval il n'y a pas de créatinine d'origine exogène car son régime alimentaire ne comprend pas de viande.

La créatinine est excrétée par le rein, où elle filtre librement à travers le glomérule, sans sécrétion tubulaire chez le cheval. (Finco et Groves, 1985). Son excrétion dans les urines est donc proportionnelle à la masse musculaire de l'individu (Rowell, 2002).

d) Interprétation

La concentration sanguine en créatinine est appelée créatininémie et s'exprime en milligrammes par décilitre (mg/dL). La créatinine filtrant librement à travers le glomérule, une augmentation de la créatininémie signe une atteinte rénale glomérulaire. Plus rarement elle s'interprète comme une lyse massive de myocytes.

2. L'urée

a) Structure

L'urée est une petite molécule azotée hydrophile issue du catabolisme protéique, capable de passer à travers les membranes plasmiques.

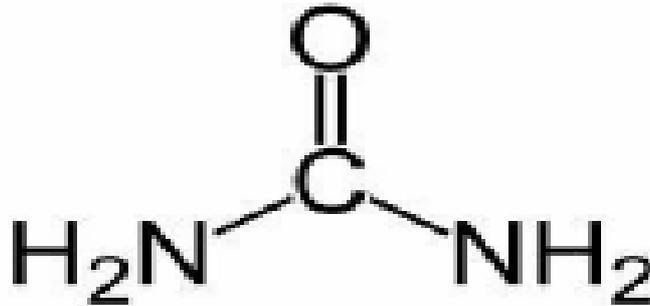


Figure 25 : Formule semi-développée d'une molécule d'urée

b) Fonction

L'urée est considérée comme le mode de transport beaucoup moins toxique d'une molécule toxique : l'ammoniac.

c) Régulation

Lors du catabolisme protéique, les protéines sont dégradées en acides-aminés dont la désamination entraîne la formation d'ammoniac. Celui-ci est capté presque exclusivement par le foie (White et al., 1973) qui le transforme alors en urée. La formation d'une molécule d'urée consomme deux ions ammonium NH_4^+ .

La biosynthèse de l'urée peut être divisée en quatre étapes (cf figure 24) :

- Transamination.
- désamination oxydative du glutamate.
- Transport de l'ammoniac.

➤ Réactions du cycle de l'urée.

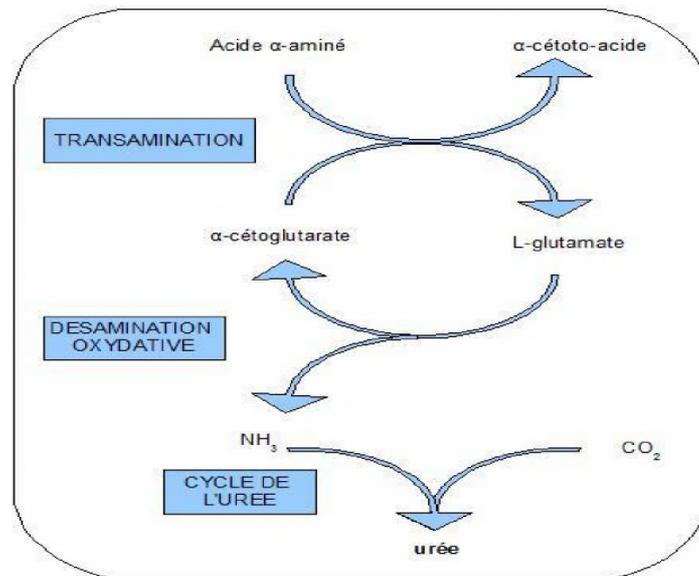


Figure 26 : Schéma de la synthèse de l'urée à partir des acides-aminés

D'après Murray, Granner, Mayes, Rodwell, editors. *Biochimie de Harper*, 25^{ème} éd.

L'urée est principalement excrétée par les reins, mais d'autres voies d'excrétion existent. Dans le rein, l'urée filtre librement à travers la membrane glomérulaire et par conséquent dans le filtrat glomérulaire la concentration de l'urée est la même que dans le plasma. Une partie de l'urée est ensuite réabsorbée passivement dans les tubules. Elle rejoint l'espace interstitiel puis la circulation sanguine générale via la vascularisation rénale (Braun et Lefebvre, 2008).

d) Interprétation

La concentration sanguine en urée est appelée urémie et s'exprime en grammes par litre (g/L) l'augmentation de l'urée plasmatique peut provenir d'une :

- Augmentation du catabolisme protéique.
- Diminution de l'excrétion urinaire.

C'est donc potentiellement un indicateur d'atteinte rénale. Toutefois, chez le cheval, il est moins fiable que la créatinine, car l'urée peut être métabolisée par la microflore intestinale. En effet, dans les intestins, les uréases bactériennes dégradent l'urée en ammoniac et dioxyde

de carbone CO₂. Une partie de cet ammoniac est à nouveau re-capté par le foie pour être à nouveau transformé en urée. Donc une petite partie de l'urée est éliminée sous forme d'ammoniac dans les intestins (Eckersall, 2008). L'interprétation de l'urémie ne se fait donc pas seule, mais combinée à celle de la créatininémie.

C) Exploration de l'intégrité du tissu musculaire

1. La créatine-kinase

a) Structure

La créatine kinase (CK), ou encore créatine phosphokinase (CPK), est une enzyme pour laquelle il existe des isoenzymes dont les trois principales sont: MM, MB et BB. Elles se trouvent majoritairement dans le cerveau pour l'isoenzyme BB, dans le cur pour l'isoenzyme MB et dans les muscles striés squelettiques pour l'isoenzyme MM. Une quatrième variante, l'isoenzyme Mt, est localisée entre la membrane externe et la membrane interne des mitochondries et contribue à l'activité CK du cur (Hoffmann et Solter, 2008).

b) Fonction

Dans les muscles striés squelettiques, la créatine phosphate constitue une réserve d'énergie dans les premiers temps de l'effort musculaire en permettant la formation rapide d'ATP à partir d'ADP.

Lorsque le muscle est relâché et le besoin en ATP moins important, le rôle de la créatine kinase est de catalyser la réaction de phosphorylation de la créatine, recréant ainsi un réservoir de créatine phosphate (Murray, 2002d).

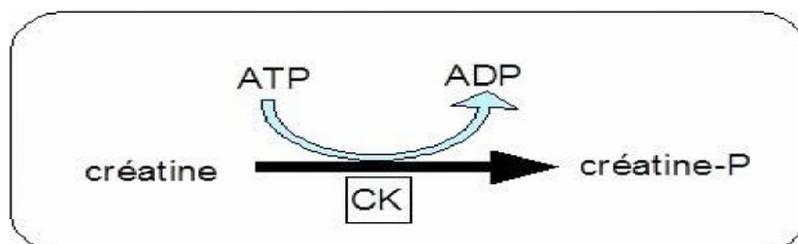


Figure 27 : Schéma du rôle de la créatine kinase dans le muscle

c) Régulation

La CK étant une enzyme, sa quantité est régulée par son expression génomique, et son activité par la présence ou non de son cofacteur, et par la quantité de substrats à métaboliser.

d) Interprétation

Dans le sang, ce n'est pas la quantité de CK qui est directement mesurée, mais son activité sérique, et elle est exprimée en unités internationales par litre (UI/L).

La CK ayant une localisation intracellulaire, sa présence dans la circulation sanguine est le signe de lésions cellulaires. L'augmentation de l'activité sérique de la CK marque donc une souffrance musculaire en cours ou récente.

2. L'aspartate aminotransférase

a) Structure

L'aspartate aminotransférase (AST), anciennement appelée glutamic oxaloacetic transaminase (GOT) est une enzyme appartenant au groupe des aminotransférases, ou transaminases. L'AST est localisée dans le cytosol, mais aussi dans les mitochondries où elle est plus concentrée. Elle a pour cofacteur le pyridoxal-5'- phosphate (Hoffmann et Solter, 2008).

b) Fonction

Le rôle des aminotransférases est de catalyser le transfert d'un groupe α -aminé d'un acide-aminé à un céto-acide. Le plus souvent, le groupe α -aminé est transféré sur une molécule d' α -cétoglutarate pour être converti en ion ammonium NH_4^+ (Stryer, 1995a). L'aspartate aminotransférase est une des enzymes les plus importantes du groupe des aminotransférases. Elle catalyse le transfert du groupe α -aminé suivant (Stryer, 1995a) :



L'AST étant une enzyme, sa quantité est régulée par son expression génomique, et son activité par la présence ou non de son cofacteur, et par la quantité de substrats à métaboliser.

c) Interprétation

Dans le sang, ce n'est pas la quantité d'AST qui est directement mesurée, mais son activité sérique exprimée en unités internationales par litre (U I/L).

L'AST n'est pas spécifique d'organe, car si son activité est élevée dans les muscles striés squelettiques et cardiaque, elle a aussi une activité importante dans le foie ainsi que dans d'autres organes et tissus, dont les érythrocytes. (Cornelius et al., 1959; Cardinet et al., 1967). Toutefois c'est un marqueur sensible lors de dommage des tissus mous, notamment lors de lésions hépatiques ou musculaires.

Une augmentation de l'activité sérique de l'AST est considérée comme due à une lésion, réversible ou non, des hépatocytes ou des myocytes. Pour faire la distinction, l'interprétation de l'activité sérique de l'AST est combinée à celle de l'activité sérique de la CK.

D) Exploration du système antioxydant

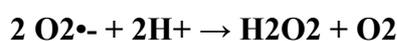
1. La superoxyde dismutase

a) Structure

Le superoxyde dismutase, SOD, est une enzyme présente dans le cytosol et dans les mitochondries. L'enzyme cytosolique a pour cofacteurs le cuivre (Stryer, 1995b) et le zinc, tandis que l'enzyme mitochondriale a pour cofacteur le manganèse. La SOD est présente dans tous les principaux tissus aérobie et notamment les poumons (Mayes, 2002)

b) Fonction

Le superoxyde, $O_2^{\bullet-}$, est un oxydant puissant produit par le métabolisme cellulaire, principalement issu de l'auto-oxydation de l'hémoglobine érythrocytaire (Johnson and al., 2005). Les oxydants peuvent réagir avec les protéines, les acides nucléiques, les lipides et d'autres molécules en altérant leur structure. Cependant, il existe des enzymes dont le rôle est de réduire ces oxydants en molécules non toxiques pour l'organisme. C'est le cas de la SOD qui catalyse la réaction suivante :



Le peroxyde d'hydrogène formé, H₂O₂, est ensuite converti en eau, H₂O, et en dioxygène, O₂ par la catalase, une enzyme présente dans de nombreux types cellulaires (Mayes, 2002).

La SOD étant une enzyme, sa quantité est régulée par son expression génomique, et son activité par la présence ou non de son cofacteur, et par la quantité de substrats à métaboliser.

c) Interprétation

Dans le sang, ce n'est pas directement la quantité de SOD qui est mesurée, mais son activité sérique, qui peut s'exprimer en unités internationales par litre (UI/L). Toutefois, du fait de son rôle vis-à-vis de l'hémoglobine, il est plus pertinent de rapporter son activité à la quantité d'hémoglobine dans le sang et donc d'exprimer son activité en unités internationales par gramme d'hémoglobine (U I/gHb)

-L'activité sérique de la SOD augmente :

- lors de stress oxydatif : par exemple lors de l'augmentation du métabolisme cellulaire à l'effort

-L'activité sérique de la SOD diminue :

- lors de carence en cuivre (Andrewartha et Caple, 1980; Williams et al., 1975) > lors de carence en zinc (Hirose et al., 1992).

2. La glutathion peroxydase

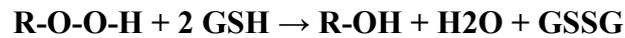
a) Structure

La glutathion peroxydase, GPX, est une enzyme ayant pour cofacteur le sélénium. Elle est notamment localisée dans les érythrocytes (Mayes, 2002).

b) Fonction

Elle protège les lipides membranaires et l'hémoglobine de l'oxydation par les peroxydes issus du métabolisme des GR et de la plupart des cellules de l'organisme (Murray, 2002a), en catalysant la réaction entre le glutathion réduit (GSH) et un peroxyde (R-O-O-H)

pour donner du glutathion oxydé (GSSG), beaucoup moins réactif que les peroxydes, et de l'eau (H₂O) (Mayes, 2002):



c) Régulation

La GPX étant une enzyme, sa quantité est régulée par son expression génomique, et son activité par la présence ou non de son cofacteur le sélénium (Beilstein et Whanger, 1983; Caple et al., 1978; Thompson et al., 1976), et par la quantité de substrats à métaboliser.

d) Interprétation

Dans le sang, ce n'est pas directement la quantité de GPX qui est mesurée, mais son activité sérique, qui peut s'exprimer en unités internationales par litre (UI/L). Toutefois, du fait de son rôle vis-à-vis de l'hémoglobine, il est plus pertinent de rapporter son activité à la quantité d'hémoglobine dans le sang et donc d'exprimer son activité en unités internationales par gramme d'hémoglobine (UI/gHb)

-L'activité sérique de la GPX augmente :

- Lors de stress oxydatif : par exemple lors de l'augmentation du métabolisme cellulaire à l'effort.

-L'activité sérique de la GPX diminue :

- Lors de carence en sélénium.

E) Le ionogramme

Les ions sont présents dans les différents fluides du corps et le ionogramme représente la mesure des taux sanguins d'ions.

Dans l'étude de la répartition des fluides dans le corps (cf figure 19), le modèle adopté est le suivant :

- **Le compartiment intracellulaire**

- **Le compartiment extracellulaire :**

-) le compartiment vasculaire

-) le compartiment interstitiel

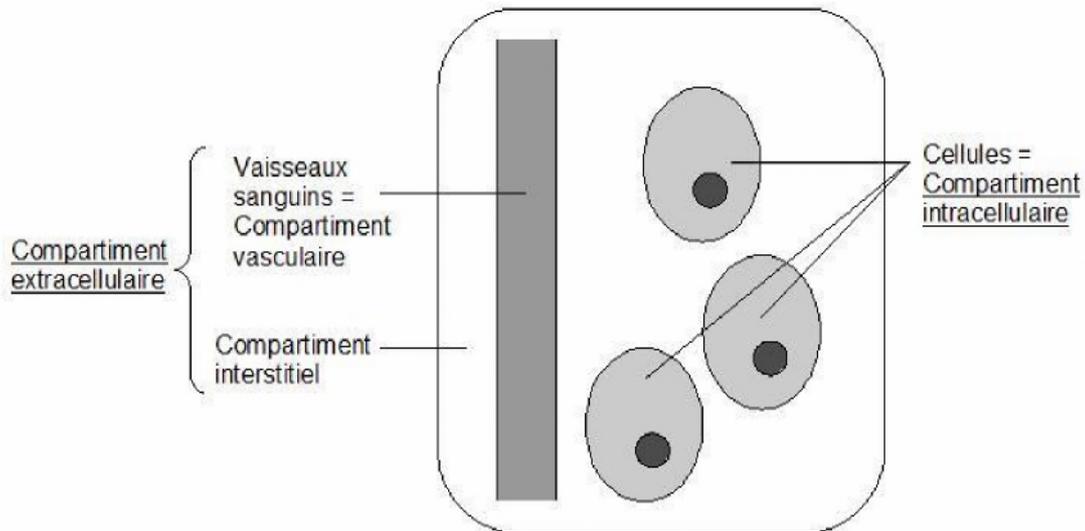


Figure 28 : Schéma de la répartition des fluides dans l'organisme

Les ions se distinguent entre eux par :

- la nature de leur charge : positive dans le cas des cations, négative dans le cas des anions.
- le nombre de charges : une pour les ions monovalents, deux pour les ions divalents, ...etc.

Les taux sanguins en ions sont exprimés en millimoles par litre (mmol/L) ou en milliéquivalents par litre (mEq/L), unité qui prend en compte la charge de l'ion :

Valeur en mEq/L = valeur en mmol/L x nombre de charges par exemple :

1 mmol/L de Ca^{2+} 2 mEq/L de Ca^{2+} .

1. Les ions monovalents

a) Sodium

I. Structure

Le sodium, Na^+ , est un cation appartenant à la famille des alcalins.

II. Fonction

Le sodium fait partie des ions déterminant le gradient électrochimique des membranes cellulaires. Il est en forte concentration dans le compartiment extracellulaire, et en faible concentration dans le compartiment intracellulaire. Il tend donc à entrer passivement dans les cellules. C'est le cation le plus représenté dans le compartiment extracellulaire.

Le sodium joue également un rôle primordial dans l'émission des potentiels d'action. La répartition entre compartiments intra- et extracellulaire des ions Na^+ , K^+ et Cl^- est représentée schématiquement dans la figure 27.

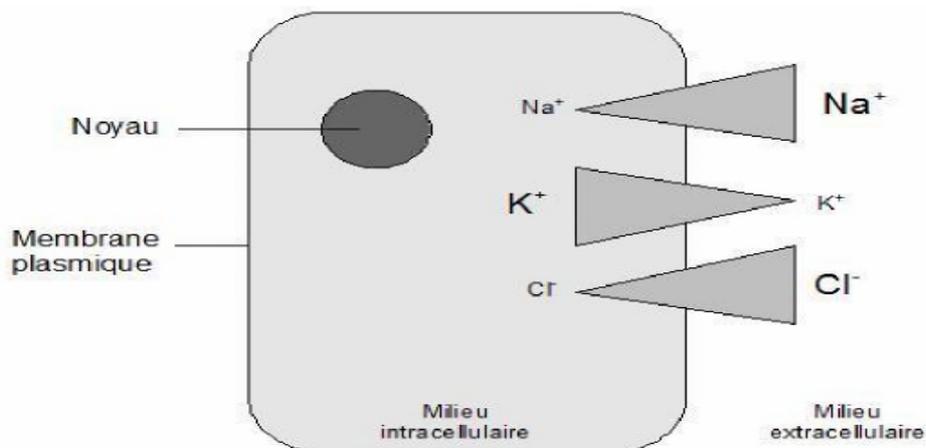


Figure 29 : Schéma de la répartition des ions de part et d'autre de la membrane plasmique

Le sodium est apporté par l'alimentation. Trois mécanismes permettent son absorption dans l'intestin:

- Diffusion passive selon le gradient électrochimique.
- Co-transport avec des électrolytes : entrée simultanée de chlorure, Cl^- , ou sortie

simultanée d'un proton, H⁺.

- Entrée couplée à celle d'une molécule organique : glucose, acide aminé L'absorption a lieu sur toute la longueur des intestins mais elle est plus marquée dans l'iléon et le côlon (Hornbuckle et al., 2008).

-L'élimination du sodium se fait par différents mécanismes :

- **Filtration rénale** : après filtration glomérulaire, le sodium est réabsorbé dans le tube proximal, dans la branche ascendante de l'anse de Henlé et dans le tube distal sous influence de l'aldostérone (Braun et Lefebvre, 2008).
- **Sudation** chez certaines espèces, dont le cheval (McConaghy et al., 1995).

III. Interprétation

La concentration sanguine en Na⁺ est appelée natrémie et s'exprime en millimoles par litre (mmol/L) ou en milliéquivalents par litre (mEq/L) Une augmentation anormale de la natrémie, appelée hypernatrémie, peut être due à (Carlson and Bruss, 2008):

- Un gain excessif de Na⁺ : apport alimentaire excessif, rétention sodée (par exemple lors d'hyperaldostéronisme)
- Des pertes hydriques excessives lors de déshydratation sans perte de Na⁺ : diarrhée.

-Une diminution anormale de la natrémie, appelée hyponatrémie, peut être due à (Carlson et Bruss, 2008):

- Une perte excessive de Na⁺ : par voie rénale (atteinte tubulaire, hypoaldostéronisme), par voie digestive (diarrhée), par création d'un troisième compartiment, ou lors de sudation importante
- Un gain excessif en eau, par exemple en cas de perfusion avec des solutés pauvres en Na⁺.

b) Le potassium

I. Structure

Le potassium, K^+ , est un cation appartenant à la famille des alcalins.

II. Fonction

Le potassium fait partie des ions déterminant le gradient électrochimique des membranes cellulaires. A l'inverse du sodium, il est en faible concentration dans le milieu extracellulaire, et en forte concentration dans le milieu intracellulaire. Il tend donc à sortir passivement des cellules. Le potassium d'origine alimentaire est presque entièrement absorbé dans la partie proximale de l'intestin grêle. L'absorption se fait par diffusion passive, rendue possible par un fort gradient de concentration entre la lumière intestinale et le plasma (Hornbuckle et al., 2008).

-L'élimination du potassium se fait par différents mécanismes :

✚ **Filtration rénale** : après filtration glomérulaire, le potassium est réabsorbé dans le tube proximal, dans la branche ascendante de l'anse de Henlé, dans le tube distal et le tube collecteur médullaire. De manière concomitante, il est sécrété par le tube distal et le tube collecteur cortical, sous influence de l'aldostérone (Braun et Lefebvre, 2008)

✚ **Sudation** chez certaines espèces, dont le cheval (McConaghy et al., 1995).

III. Interprétation

La concentration sanguine en K^+ est appelée kaliémie et s'exprime en millimoles par litre (mmol/L) ou en milliéquivalents par litre (mEq/L). Une augmentation anormale de la kaliémie, appelée hyperkaliémie, peut survenir suite à (Carlson and Bruss, 2008):

- Un gain excessif en K^+ : perfusion avec des solutés riches en potassium, défaut d'excrétion (obstruction des voies urinaires, atteinte tubulaire, acidose métabolique).
- Passage extracellulaire : hémolyse, effort intense.
- Des pertes hydriques excessives lors de déshydratation sans perte de K^+ .

Chapitre II : Synthèse sur les paramètres sanguins du cheval

-Une diminution anormale de la kaliémie, appelée hypokaliémie, peut survenir suite à (Carlson and Bruss, 2008):

- Des pertes excessives : digestives (diarrhée), rénales (insuffisance rénale, hyperaldostéronisme, acidose tubulaire)
- Passage intracellulaire : insuline, catécholamines
- Un gain excessif en eau : perfusion avec des solutés pauvres en potassium.

MATERIELS
ET
METHODES

I. Cadre d'étude

Notre étude a été réalisée au niveau du « Haras national de Chaouchaoua » ou Jumentrie de Tiaret, organisme inscrit depuis 1995, au patrimoine historique du pays. La Jumentrie est avant tout l'histoire d'une enceinte qui remonte à 1874. C'est aussi l'histoire d'un patrimoine génétique, dont la source remonte à 1852, c'est surtout la pureté des souches et la consistance du patrimoine génétique du pur-sang Arabe. Le Haras de Tiaret reste incontestablement un des plus anciens producteurs de chevaux arabes en occident depuis 1878, bien avant même la création des stud-books anglais, égyptiens, et polonais. La jumentrie, reste une source d'archive généalogique remontant à plus d'un siècle, elle constitue un réservoir historique certain, pour les chercheurs, historiens, scientifiques et tout amoureux du cheval en général (Patrimoine Algérie, 2013 <http://tihert-tiaret-dz.over-blog.com>).

Son statut et celui d'une ferme pilote autonome, avec une vocation d'élevages équins, majoritairement le pur-sang Arabe, suivi du Barbe, Arabe-barbe et l'Anglo-arabe (280chevaux). Une grande superficie qui avoisine les 741 hectares et un personnel de 57 ouvriers. La production équine annuelle est de : 60 poulains/an (ONDEC, 2017).

Les analyses des paramètres biochimiques et hématologiques ont été réalisées au niveau du laboratoire d'analyses biomédicales privé du Docteur Maachi à Tiaret.

Une partie de l'analyse des paramètres spermatiques a été réalisée sur place, l'autre partie au niveau du laboratoire de reproduction de l'ISV de Tiaret.

Nous aborderons dans ce travail le thème de la fertilité de l'étalon et de la jument et particulièrement les méthodes permettant d'évaluer les paramètres de fertilités.

Notre étude a visé comme objectif la contribution à l'étude du diagnostic de l'infertilité chez le cheval en Algérie et cela par :

01-Suivie de la dynamique folliculaire des juments sélectionnée afin de déterminer leur statut ovarien.

- Réalisations des prélèvements sanguins et analyse de quelques paramètres hématologiques et biochimiques afin de déterminer le statut métabolique au cours du postpartum.
- Evaluation du cycle ovarien de la reproduction par suivi échographique (état des

ovaires, présence de structures CJ/F, état de l'utérus.....etc.).

02-suivie et enregistrement du comportement sexuel des étalons reproducteurs sélectionnés par l'étude.

- Nombre de sauts.
- Fertilité par chaleur.
- Fertilité par saison.
- Résultats de la saillie.

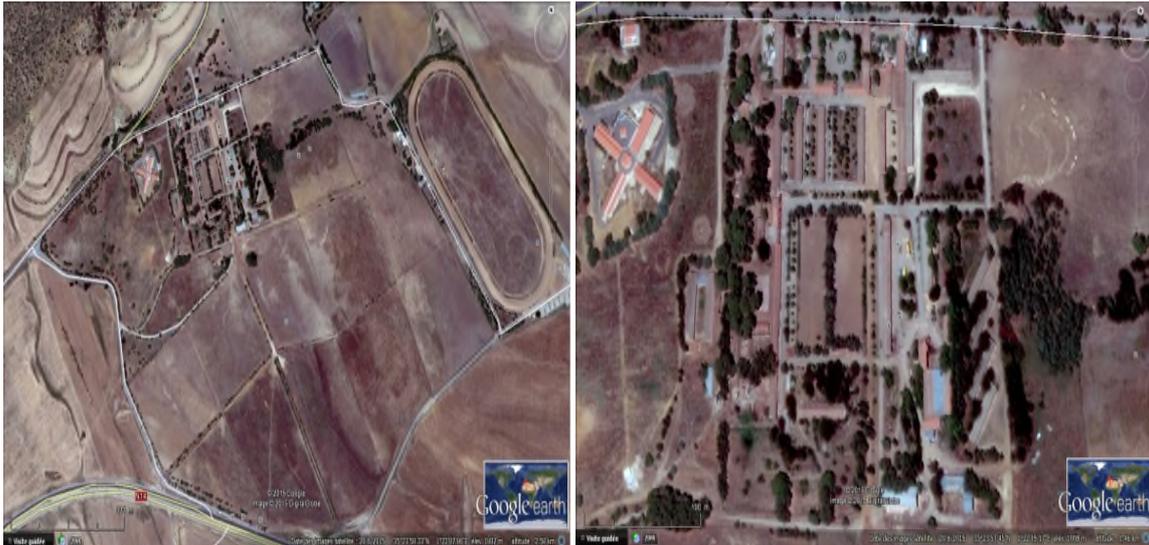
03-Récolte et analyses des paramètres spermatiques afin d'évaluer la fertilité des étalons :

- Caractéristiques du Comportement
- Activités des Spermatozoïdes
- Qualité de la semence.

Le but de notre étude est de :

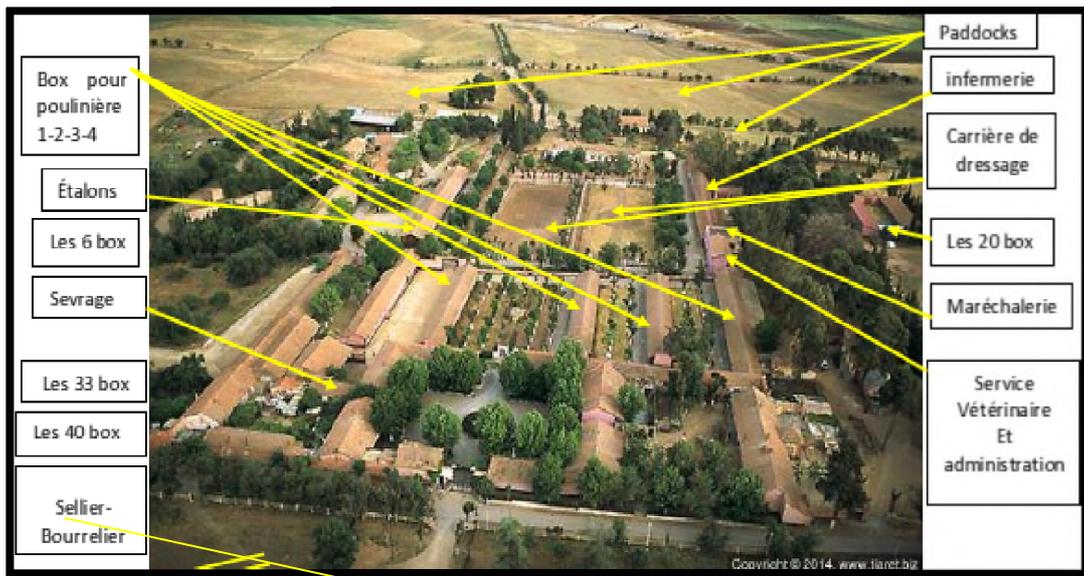
- Mettre au point des méthodes d'évaluation de la fertilité chez le cheval
- Management de la reproduction dans l'espèce équine
- Evaluer la fertilité des juments et des étalons mis à la reproduction
- Montrer l'intérêt de l'analyse spermatique dans le choix d'un étalon reproducteur
- La corrélation entre les analyses hématologiques et biochimiques et la croissance folliculaire des juments.
- Effet du changement des paramètres hémato-biochimiques sur la réussite de la 01^{ère} saillie.
- Effet de la race et de l'âge sur le changement des paramètres spermatique qui sont les meilleurs marqueurs de la fertilité chez les étalons.
- Comparer les performances de reproduction en fonction de l'âge et de l'espèce (barbe et arabe).

Situation géographique et présentation du HARAS



1

2



3

Photos : 1, 2 et 3 : Haras national CHAOUCHAOUA de Tiaret (GOOGLE MAP).

II. Animaux Et La Durée D'étude :

II.1 Animaux :

-Juments

Vingt juments poulinières ont été choisies et réparties en deux groupes en fonction de la race : 10 juments barbes et 10 juments pur-sang arabes.

-Étalons :

11 étalons reproducteurs de race arabe et 06 étalons de la race barbe ont été choisis en fonction du programme établie par la jumentrie de Tiaret.

Touts les sujet de l'étude étaient élevées dans les même conditions d'entretien et de management, la monté en main était le seul moyen d'insémination pour ces dernières.

L'introduction de l'échographie a donné plus de précision au diagnostic des ovulations et de ce fait l'exactitude du suivi de la croissance folliculaire a augmenté considérablement.

II.2 Alimentation :

Tous les sujets recevaient la même ration alimentaire composée de foin d'avoine et de grains d'orge. Les quantités distribuées sont les mêmes pour toutes les juments poulinières, et étalons (orge mouiller) à raison de 3kg matin et 3kg le soir. La quantité de fourrage distribuée (foin d'avoine) est d'une botte pour 5 sujets. La distribution quotidienne des aliments concentrés aux chevaux des deux lots se fait de manière manuelle deux fois par jour à la même heure le matin à 08h:30, et l'après midi à 16h:00. En plus de la ration journalière, de 10h à 15h:30, les juments partent aux prés (paddocks) pour faire de l'exercice et un broutage d'herbe, par contre les étalons restent dans leurs boxes.

Les chevaux faisant l'objet de l'étude ont été identifiés, répertoriés et maintenus durant toute la période expérimentale.

III. LA DUREE D'ETUDE :

Notre étude s'est déroulée sur une période de 02 années (de 2015 jusqu'à 2017).

Cette étude a été répartie en trois volets :

IV. Préparation des juments :

1-Suivi de la dynamique folliculaires au cour du post partum à fin de déterminer le moment opportun de l'ovulation.par échographie.



Figure 30. L'échographe DRAMINSKI ISCAN (Animalprofil).

IV.1 Echographie :

Nous avons utilisé un échographe disponible à la clinique de l'institut: C'est un échographe de type DRAMINSKI ISCAN (Animalprofil) avec une sonde linéaire (7.5 MHz) (Figure 30).

Nous avons évalué la période du cycle œstral dans laquelle se trouve chaque jument grâce aux observations échographiques que nous avons effectuées systématiquement et de façon à avoir un suivi de chaque animal.

Afin de déterminer si la jument est en œstrus ou non, nous avons examiné le degré d'infiltration des cornes utérines (présence ou absences de sécrétions utérines anéchogènes, image en quartier d'orange), la taille des follicules (nous considérons qu'un follicule est prêt à ovuler au delà de 35 mm de diamètre), la présence éventuel d'un corps jaune.

Confronté à un follicule de grande taille chez une jument manifestant un comportement de chaleur, nous avons considéré que l'animal se trouve en période d'œstrus.

Nous nous sommes attachés à toujours confirmer notre supposition par l'observation ultérieure de l'ovulation au maximum dans les 48 heures.

IV.2 -Analyses de quelques paramètres sanguins :

IV.2.1 Prélèvements de sang :

La prise de sang est réalisée à la veine jugulaire, de préférence dans le tiers supérieur de l'encolure car l'artère carotidienne est moins superficielle et du côté droit pour ne pas prendre le risque de léser le nerf laryngé récurrent. La prise du sang est effectuée suite à l'application de l'alcool, grâce à une aiguille 20Gauges et un vacutainer pour limiter les risques d'hémolyse. Trois tubes sont remplis : un tube sec pour l'analyse biochimique, un tube EDTA pour les analyses hématologiques et le dosage de cortisol et un tube citraté pour le dosage de fibrinogène.

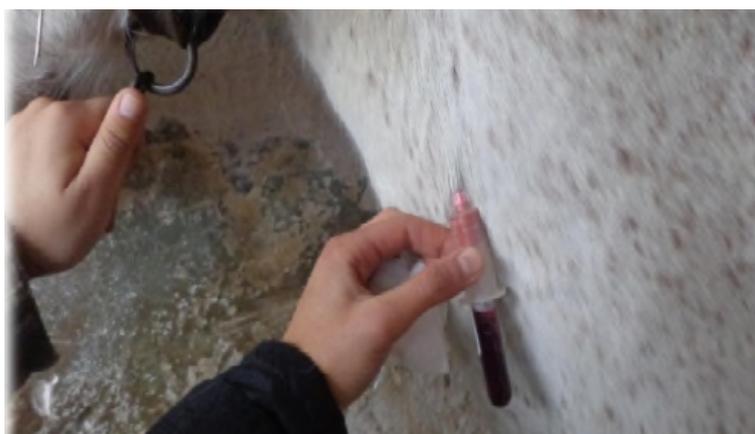


Figure 31 : Prélèvement du sang (veine jugulaire).



Figure 32 : Des tubes de prélèvement

Le sang veineux collecté est transporté dans une glacière dans la quelle nous avons mis des piles de glasses, au laboratoire privé du Docteur Maachi, pour effectuer les analyses biochimiques et hématologiques ciblées par notre étude.

Les analyses biochimiques réalisées sont :

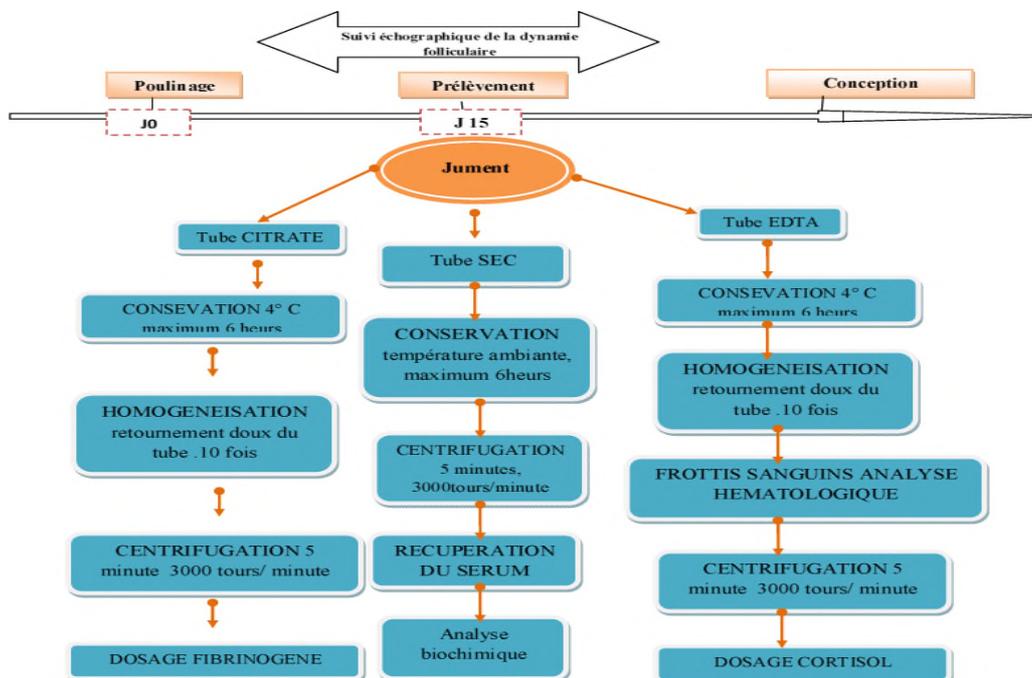
- 1) La teneur plasmatique en électrodes sélectives (Na, K).
- 2) La teneur plasmatique en glucose (glycémie).
- 3) La teneur plasmatique en urée (urémie).
- 4) La teneur plasmatique en TGO (ASAT).
- 5) La teneur plasmatique en créatinine phospho-kinas (CPK).
- 6) La teneur plasmatique en gamma transférase (GT).
- 7) La teneur plasmatique en Albuminémie (albumine) .
- 8) Cortisolémie.

Les Analyses hématologiques réalisés sur Automate ABX Pentra 60 ont porté sur le dosage de:

- 1) Leucocytes.
- 2) Hématies.
- 3) Hémoglobine.
- 4) VGM.
- 5) TGMH.
- 6) CCMH.
- 7) Plaquettes.
- 8) Polynucléaires neutrophiles.
- 9) Polynucléaire éosinophile.
- 10) Polynucléaires basophiles.
- 11) Lymphocytes.
- 12) Monocytes.

Dosage de facteur d'hémostase

1) Fibrinogène.

**02^{ème} volet :****Suivi et enregistrement du comportement sexuel des étalons reproducteurs sélectionnés par l'étude :**

Onze (11) étalons pur-sang arabe et six (06) barbes ont été choisis, le choix a été en fonction du programme établi par l'administration de la jumentrie de Tiaret.

La fertilité conditionne la productivité de l'élevage et son état de bonne santé économique. Elle doit être évaluée rigoureusement au niveau de l'étalon et de la jument, mais aussi à l'échelle de la jumentrie et de l'élevage pour induire des choix de gestion correct de la part de l'éleveur (Noue et Margat, 2016).

Evaluation de la fertilité par calcul de la fertilité par chaleur et la fertilité par saison :

V.1 Fertilité par chaleur :

Pour un étalon, le meilleur indicateur de sa fertilité est le calcul de la fertilité par chaleur. Elle représente le pourcentage de chance de fertiliser une jument par cycle utilisé, nous avons fait le calcul par la méthode suivante :

$$\frac{\text{Nombre de chaleurs fécondées}^1}{\text{Nombre total de chaleurs}^2} \times 100 = \text{fertilité par chaleur.}$$

¹Le nombre de chaleurs fécondées correspond au nombre de chaleurs qui ont été suivi d'une gestation, y compris les gestations précoces suivies d'une perte embryonnaire précoce.

²le nombre total de chaleurs est le cumul de toutes les chaleurs exploitées (saillies ou inséminations réalisées) de toutes les juments affectées à l'étalon .

V.2 La fertilité par saison :

Nous l'avons calculée à la fin de la saison. Elle représente le pourcentage de chances que la jument soit pleine à la fin de la saison :

$$\frac{\text{Nombre de juments pleines en fin de saison} + \text{Nb de JSR}^* \times \text{Fertilité par chaleur}}{\text{Total de juments saillies}} \times 100$$

Total de juments saillies

¹ : JSR représente le nombre de juments sans renseignement

Dans notre étude le JSR = 00

Nous avons repéré sur le planning établi dans la jumentrie les juments pleines à la fin de la saison, les juments vides et les juments sans renseignement.

V.3 Examen clinique :

L'examen de la fonction génitale que nous avons réalisé avait pour objectif d'évaluer la capacité reproductrice de l'étalon. Un examen clinique complet est un préalable indispensable à tout examen de l'appareil génital d'un étalon.

Nous avons réalisé un examen des organes génitaux externes qui comprend une

inspection et une palpation du pénis, du scrotum et des testicules ; au besoin, des examens complémentaires ont été réalisés et adaptés en fonction de l'examen clinique.



Figure 33 : préparation de l'étalon sur jument entravée.

Pour ce faire une palpation transrectale des organes génitaux, a été réalisée pour compléter l'examen clinique général.

03^{ème} volet :

VI. Récolte et analyses des paramètres spermatiques:

- Caractéristiques du Comportement
- Activités des Spermatozoïdes
- Qualité de la semence.



Figure 34 : récolte de sperme sur jument entravée

VI.1 Collecte du sperme

Les récoltes ont été faites sur des juments en œstrus. L'aire péri-génitale de celle-ci est nettoyée et ses membres postérieurs ont été entravés.

Il vaut mieux que l'étalon soit manipulé par une personne qui le connaît, et dans un lieu qu'il connaît, sans stress. L'érection est plus ou moins rapide (temps de réaction) L'éjaculation est relativement courte entre 03 a 30 minutes selon la préparation de l'étalon, conditions de travail et la libido.

VI.1.1 Le prélèvement :

Il a été effectué à l'aide d'un vagin artificiel de type **Missouri**, La température de l'eau du vagin artificiel au départ varie de 42°C à 50°C selon le temps estimé que l'étalon prendra pour éjaculer.

On a lubrifié l'intérieur du vagin avec de la vaseline et la pression doit être proche de celle exercée par le vagin de la jument.

Notre position de prélèvement est de côté par rapport à l'étalon. Nous avons dévié le pénis au moment du saut et l'avons placé dans le vagin artificiel.



Figure 35 : opération de récolte de semence d'un étalon sur jument entravée

Le temps de récolte peut varier de 03 a 30 minutes La température de l'eau du vagin artificiel est comprise entre 42°C et 50°C au moment de la collecte. Le sperme doit être transporté directement au laboratoire ou il est traité et analyser.

Avant de procéder au prélèvement de sperme, il convient de respecter quelques règles essentielles sanitaires et de sécurité :

VI.1.2 Précautions sanitaires et de sécurité



Figure 36 : Position de sécurité au moment de prélèvement.

Nous avons pris quelques précautions de sécurité à savoir : une tenue vestimentaire adaptée (notamment chaussures de sécurité) et le respect la position par rapport à l'étalon (toujours de côté).

De plus nous avons pris aussi des précautions sanitaires à savoir :

Le Lavage des organes génitaux de l'étalon avec de l'eau tiède avant et après éjaculation.

Tout le matériel en contact avec les organes génitaux de l'étalon doit être à usage unique ou individualisé pour chaque animal : sac poubelle sur place, main gantée pour saisir la verge.

VII. Les préparatifs

Avant le prélèvement

Avant le prélèvement, nous avons préparé un seau (dont l'intérieur est recouvert d'un sac poubelle à usage unique), et on a mis du papier absorbant pour laver la verge.



Figure 37 : Etalon en érection se prépare pour la monte

Ensuite, nous avons procédé au montage du vagin artificiel de la manière suivante :

- Remplissage de l'eau chaude,
- Montage du cône et du flacon.
- Il faut entourer le flacon d'une protection contre les chocs thermiques et mécaniques.
- L'ensemble cône et flacon est ensuite recouvert d'une seconde protection.
- La température finale doit être vérifiée avec un thermomètre placé à l'intérieur du vagin (à l'endroit où se trouvera la verge de l'étalon). Cette température doit être comprise entre 43 et 47 °C au moment de la récolte.

La verge est ensuite lavée avec des papiers absorbants humides, puis essuyée soigneusement avec du papier absorbant sec (en tamponnant, et non en frottant).

Le lavage de verge prend certes du temps (15 minutes environ) mais il a un effet bénéfique sur la propreté de la semence, et surtout sur le comportement de l'étalon. Celui-ci s'habitue en effet à rester calme avant la récolte, et ne se précipite pas sur le la jument dès l'entrée dans le lieu de monte.

VII.1. Les conditions de prélèvement

- Le prélèvement doit se faire dans un lieu calme et spacieux pour permettre la sécurité du personnel et des animaux.
- Une jument en chaleurs (entravée et “calme”) été utilisées.
- L’arrière-main de la jument est recouverte d’une couverture lavable. Sa queue est entourée d’un protège-queue (ou d’un gant de palpation transrectale).

VII.2 Le vagin artificiel de type “Missouri”

Le réservoir du vagin artificiel de type “Missouri” est entièrement en latex et ne nécessite pas de montage.

- Il suffit alors de le remplir d’eau chaude, de le rigidifier par une enveloppe en cuir équipée de poignées, et de fixer le flacon de récolte.



Figure 38 : Préparation du vagin artificiel type Missouri

VII.3. Méthode de prélèvement

La température du vagin artificiel doit être vérifiée au moment du prélèvement. L’entrée du vagin doit être lubrifiée avec de la vaseline. La quantité de lubrifiant est limitée au strict nécessaire, afin d’éviter qu’il se mélange avec le sperme (toxicité osmotique éventuelle, ou risque d’engluement des spermatozoïdes dans le lubrifiant).

Au moment du prélèvement on porte un gant à usage unique, la main gauche pour une récolte à droite l'étalon, et à la main droite pour une récolte à gauche.

Jusqu'au prélèvement, poser la main à l'entrée du vagin artificiel, pour limiter les déperditions de chaleur, et les risques de souillure de l'intérieur du vagin. La main gantée ne doit rien toucher d'autre que la verge de l'étalon, ou l'entrée du vagin artificiel.

Pour une récolte à droite, lorsque l'étalon s'est positionné sur la jument, on doit dévier la verge avec la main gauche placée à plat (ne pas serrer la verge avec le poing fermé) et la guider dans le vagin artificiel. Placer ensuite le vagin à l'arrière de la jument, incliné vers le haut (environ 30 à 40°), la verge bien au centre du vagin, et rester fixe jusqu'à l'éjaculation. Celle-ci est visible aux mouvements de queue de l'étalon, (vers le haut et vers le bas).

Le vagin est ensuite incliné doucement vers le bas, pour permettre l'écoulement du sperme dans le flacon. Changer alors de main : tenue du vagin de la main gauche.



Figure 39 : Inclinaison du vagin après éjaculation de l'étalon

Si l'étalon descend en étant encore en érection, l'accompagner en restant à côté de lui. Le vagin reste envergé jusqu'au retour à la taille de repos.

VII.4. Précautions :

- Surtout ne pas “arracher“ brutalement le vagin artificiel.
- En respectant une procédure rigoureuse, il est aisé d'éduquer la plupart des étalons à un prélèvement de semence effectué rapidement (un seul saut), et dans de bonnes conditions de sécurité pour l'étalon et les humains (étalonnier, récolteur).
- La qualité de la semence obtenue est ainsi optimisée.



Figure 40 : Echantillon de sperme après récolte

VII.5. Photomètre :

Nous avons utilisé un photomètre spécial équin Minitube SDM 1 - photomètre de semence

Disponible au laboratoire de reproduction de l'institut des sciences vétérinaires de Tiaret pour l'analyse de la concentration des spermatozoïdes. Fournit des résultats rapides et précis à partir d'un échantillon de sperme frais. Résultats sont donnés en spermatozoïdes par ml. Utiliser avec les cuvettes SDM 1. Pour une utilisation équine.



Figure 41 : SDM 1 - photomètre de semence Minitube, isv de Tiaret.

VII.6. Bain marie :

Nous avons utilisé un bain marie Memmert Roucaire; type W350 qui se trouve au niveau du laboratoire de reproduction de l'institut des sciences vétérinaires de Tiaret c'est un équipement de laboratoire permettant de chauffer un récipient dans un bain d'eau ou d'huile (en fonction de la température souhaitée).



Figure 42 : Bain-marie Memmert Roucaire; type W350; Temps maxi 100°C.

ISV de Tiaret.

VII.7. Microscope a camera

VIII. Méthodes d'analyses statistiques

VIII.1. Logiciels utilisés

L'étude de la reproduction du cheval nécessite des approches statistiques réalisées par des technologies d'analyse des données à haut débit, une vitesse et une mémoire d'ordinateur élevées.

L'utilisation de logiciels statistiques reconnus, permet de traiter plus rapidement une série de données, ainsi que la production massive de différentes caractéristiques dans des populations données. Les trois logiciels ainsi que les paramètres pour lesquels ils ont été utilisés sont illustrés dans le (**Tableau 02**)

Tableau 02 : Les logiciels utilisés dans le traitement statistique des données.

Logiciel	Caractéristiques
<i>(SYSTAT 12 © Copyright 2007).</i>	AVOVA et test t de Student de comparaison
<i>R STUDIO</i>	Model linéaire généralisé (GLM) test de corrélation
<i>XLSTAT 2018.5</i>	La comparaison entre les groupes
<i>Excel</i>	Moyennes, pourcentage, écart type

Toutes les analyses statistiques ont été faites par le logiciel XLSAT (version 2018. 5). Toutes les variables continues ont été vérifiées pour la normalité par le test Shapiro-Wilk et si la variable ne suit pas la loi normale, des transformations de racine, racine carré et logarithme ont été faites.

➤ Juments :

Paramètres héματο-biochimiques :

L'analyse statistique des données été réalisée à l'aide du logiciel SYSTAT 12

© (SYSTAT 12 © Copyright 2007). Les résultats obtenus ont été vérifiés à l'aide de l'ANOVA et du test t de Student pour les échantillons indépendants et le niveau de signification a été fixé à $p < 0,05$. Les résultats présentés sont exprimés en moyenne et en erreur standard de la moyenne (SEM, calculée à partir de l'écart type, en utilisant la formule $SD = SE \cdot \sqrt{n}$, n étant la taille de l'effectif par lot).

Corrélation entre paramètres hémato-biochimique et paramètres de reproduction :

Des tests de corrélation (corrélation de Pearson) ont été faits pour éviter la colinéarité entre les variables continues. Des régressions linéaires généralisées (GLM) ont été faites entre le taux de poulinage/ 1^{ère} saillie et les autres variables, tandis que des régressions logistiques multinomiale ont été faites entre Nombre des saillie, Nombre de cycle et les variables biochimiques.

Pour étudier l'effet des paramètres biochimiques sur la croissance folliculaire, le test d'ANOVA à mesures répétées dans des modèles mixtes a été appliqué.

➤ Etalons :

Des statistiques descriptives ont été faites par Excel.

Des tests de corrélation (corrélation de Pearson) ont été faits pour éviter la colinéarité entre les variables continues.

La Régression linéaire généralisée (GLM) a été utilisée comme modèle statistique.

- Recueil du commémoratif sur les antécédents reproductifs des animaux.
- Evaluation de la qualité et la quantité de l'alimentation administrée aux sujets de l'expérimentation.
- Echantillonnage et sélection des animaux
- Examen clinique général.
- Préparation du matériel nécessaire.

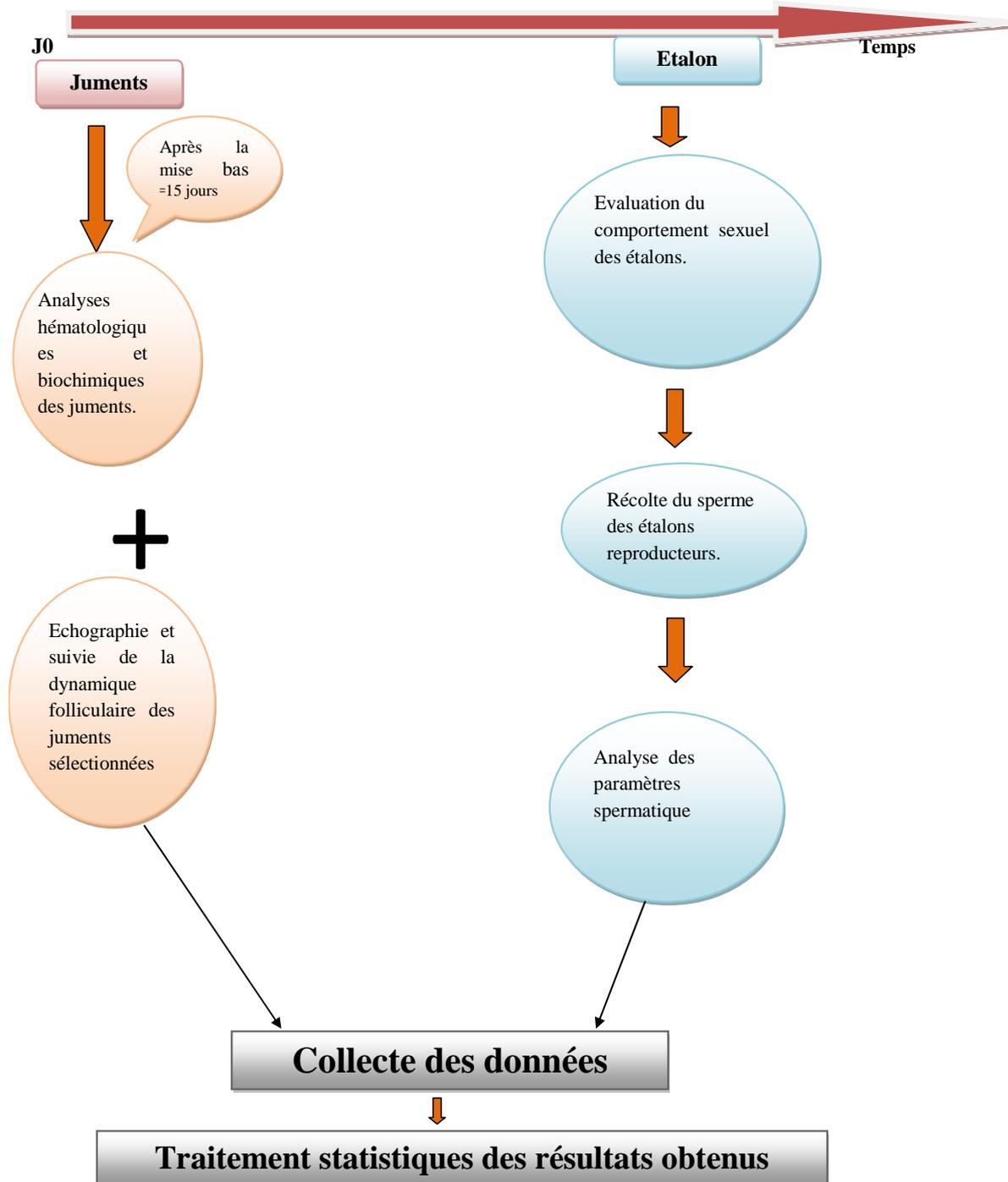


Schéma du Protocol expérimentale

RESULTATS

Résultats

La présente étude contribue à comprendre les méthodes utilisées pour diagnostiquer les désordres de reproduction ainsi qu'une comparaison des performances de reproduction entre deux races de chevaux L'arabe et le barbe.

I-Premier volet : résultats des juments misent a la reproduction :

1.1. Paramètres Biochimiques :

Les résultats relatifs à la variation de la concentration sériques des métabolites biochimiques chez les juments sont représentés dans le Tableau 03

Table 03 : Concentration sérique des métabolites biochimiques (moyenne \pm SEM) entre les juments arabes et barbes en post-partum.

Biochimie Sérique	Juments		P Value
	Barbe (n=10)	Pure sang arabe(n=10)	
Sodium mmol/l	138.200 \pm 0.742	139.800 \pm 0.593	0.109 NS
Potassium mmol/l	3.688 \pm 0.115	3.827 \pm 0.074	0.006*
Glucose g/l	0.810 \pm 0.015	0.799 \pm 0.016	0.622 NS
Ureag /l	0.233 \pm 0.013	0.270 \pm 0.009	0.000***
ASAT U/l	180.300 \pm 11.031	180.300 \pm 10.527	0.251 NS
CPK U/l	176.900 \pm 14.797	175.900 \pm 10.918	0.957 NS
GGT U/l	16.200 \pm 1.511	12.300 \pm 0.967	0.043*
Albumine g/l	28.300 \pm 0.473	29.500 \pm 0.477	0.041*
Cortisol nmol/l	148.742 \pm 8.717	192.230 \pm 25.720	0.004 **

NS: non significative, ASAT: aspartate aminotransferase, CPK : -creatine Phospho kinase, GGT : Gamma Glutamyl Transferase, * P< 0.05, *** P< 0.001.

Résultats

Suite aux résultats de l'analyse des paramètres biochimiques des juments sélectionnées. Nous avons remarqué que la concentration sérique du potassium, de l'urée, de la GGT, de l'Albumine et du cortisol ont montré des différences significatives entre les deux races (0.006*, 0.000***, 0.043*, 0.041*, 0.004 **) respectivement. Aucune différence significative n'est enregistrée par rapport aux valeurs sériques des Sodium, Glucose, AST et CPk.

Les valeurs les plus hautes enregistrées chez les juments barbes sont le glucose, La CPK et La GGT. Tandis que ceux enregistrées chez les juments Arabes sont Sodium, Potassium, Urée, AST, Albumine et le cortisol.

1.2. Paramètres Hématologiques :

Les résultats relatifs à la variation de la concentration des métabolites hématologiques chez les juments étudiées sont représentés dans le Tableau 04

Table 04: Concentration sérique des métabolites hématologiques (moyenne \pm SEM) entre les juments arabes et barbes en post-partum.

Hématologie	Juments		P Value
	Barbe (n=10)	Ps Arabe (n=10)	
Globules rouges M/mm ³	7.453 \pm 0.162	7.511 \pm 0.174	0.07 NS
Haemoglobing/dl	13.520 \pm 0.263	13.550 \pm 0.286	0.072 NS
Haematocrit%	34.940 \pm 0.657	36.240 \pm 1.172	0.031 *
VCM μ m ³	46.800 \pm 1.031	48.400 \pm 0.897	0.022 *
MCH pg	18.170 \pm 0.146	17.990 \pm 0.196	0.376 NS
MCHC g/dl	38.690 \pm 0.738	36.240 \pm 0.196	0.027 *
Leucocytes	8.100 \pm 0.407	7.400 \pm 0.400	0.01 *

Résultats

polyéosi mm ³	123.35±1.470	164.820 ±2.457	0.000***
polybaso mm ³	246.38±0.873	190.560±0.677	0.037 *
Lympho mm ³	4 290.700±2.622	3 003.78±1.992	0.001 **
Mono mm ³	1 084.640±3.273	1 324.30±4.377	0.073 NS
Platelets M/mm ³	187.100±7.418	156 700.00±6.321	0.012 *
Fibrinogeng /l	1.849±0.068	1.717±0.106	0.069 NS

NS:Non Significant, **MCV**-mean corpuscular volume, **MCH**-mean corpuscular haemoglobin, **MCHC**-mean corpuscular haemoglobin concentration, * P< 0.05, ** P< 0.01, *** P< 0.001.

Les valeurs obtenus après analyse des paramètres hématologiques des deux lots de juments sélectionnées par l'étude ont montrées que les variantes Hématocrite, VGM, CCMH, Leucocytes, Poly éosinophiles, Poly basophiles, Lymphocytes et plaquettes ont montrés des différences significatives entre les deux races (0.031 *, 0.022 *, 0.027 *, 0.01 *, 0.000***, 0.037 *, 0.001 **, 0.012 *) respectivement. Aucune différence significative n'est enregistrée par rapport aux Globules rouges, Hémoglobine, CMH, Monocytes et Fibrinogène).

1.3 Les paramètres de reproduction

Les résultats des paramètres de reproduction des juments durant la période poulinage-conception, traités par le test T. sont représentés dans le tableau 05.

Tableau 05 : Comparaison des paramètres de reproduction entre les deux races de juments

barbe	pouli/1er saillie	n° de saillie	n° de cycle	croisfolliculaire mm/jr	pou/concept
moyenne	29,83	1,8	1,1	4,1	83,86
Max	47	3	2	6	365
Min	9	1	1	2,5	12
Ec Type	16,41	0,79	0,32	1,17	125,29

Résultats

ps - arabe	poli/1er saillie	n° de saillie	n° de cycle	croisfolliculaire	pou/concept
moyenne	50,6	2	1,8	2,35	62,1
Max	95	3	4	3	101
Min	10	1	1	2	12
Ec Type	32,49	0,94	0,92	0,47	30,30
Test T(student) P value	0.0142 *	0.5 NS	0.032 *	0.007 **	0.002 **

Interprétation :

1- Poulinage- 1^{er} saillie

Le Traitement statistique a montré une différence significative entre les deux lots expérimentaux à un (**p= 0.142**) l'intervalle poulinage-1^{ère} saillie moyen enregistré pour les juments pur-sang arabe a été de 50.6±32.49 jours contre 29.83±16.41 pour les juments barbes.

2- Nombre de saillie

Par rapport au nombre de saillie utilisée pour les juments des deux lots expérimentaux, aucune différence significative n'a été enregistrée (P=0.5), les moyennes enregistrées ont été de 1.8±0.79 et 2±0.94 respectivement pour les juments barbes et pur-sang arabe.

3- Nombre de cycle :

A un P=0.032, une différence significative a été enregistrée en comparant les moyennes du nombre des cycles des juments barbes et pur-sang arabe. La moyenne enregistrée chez les juments pur-sang arabe a été de 1.8±0.92 tandis que chez les juments barbe, la moyenne était de 1.1±0.32.

4- Croissance folliculaire

Les croissances folliculaires enregistrées dans les deux lots expérimentaux sont nettement différentes (P=0.007), la croissance folliculaire a été plus rapide chez les juments barbes avec une moyenne de 4.1±1.17/jr par rapport aux juments pur-sang arabe qui ont enregistré une moyenne de 2.35±0.47/jr.

5- Poulinage-conception

Une différence très significative a été enregistrée entre les deux lots de juments ($p=0.002$), les moyennes enregistrées ont été de 83.86 et 62.1 respectivement pour les juments barbes et pur-sang arabe.

Evolution du diamètre folliculaire chez la jument :

Les résultats de la variation du diamètre folliculaire en fonction des jours qui précèdent l'ovulation chez les juments barbes et pur-sang arabes sont résumés dans le tableau 06.

Tableau 06 : Diamètres folliculaires en fonction des jours qui précèdent l'ovulation.

Juments	Diamètre folliculaire en fonction des jours qui précèdent l'ovulation							
	Jour	J-7	J-6	J-5	J-4	J-3	J-2	J-1
Barbe	Moyenne (mm)	-	-	30,15	34,35	40,25	43	48,83
	Ecart type	-	-	4,25	4,3	6,41	5,56	6,77
Pur-sang arabe	Moyenne (mm)	36,05	38,4	40,65	42,9	45,15	47,4	61
	Ecart type	5,99	5,99	5,92	5,87	5,86	5,85	1

D'après nos résultats, le diamètre folliculaire moyen enregistré pour les 10 juments barbes de notre étude a été de $30,15 \pm 4,25$ mm à J-5 de l'ovulation, ce dernier a évolué à $48,83 \pm 6,77$ mm à J-1.

De même, pour les 10 juments pur-sang arabes de notre étude, le diamètre folliculaire moyen enregistré a été de $36,05 \pm 5,99$ mm à J-7 de l'ovulation, ce dernier a évolué à 61 ± 1 mm à J-1.

Résultats

Ceci est bien montré dans la figure n°29 :

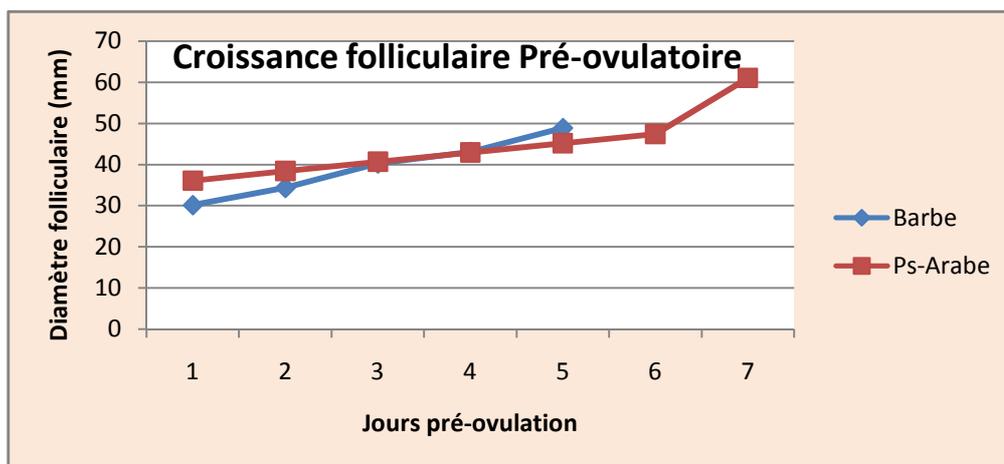


Figure 43 : Courbe de la croissance folliculaire des juments barbes et pur-sang arabe

Tableau 07: Croissance folliculaire en fonction des jours qui précèdent l'ovulation

Juments	Barbe (n=10)	Pur-sang arabe (n=10)	P
Diamètre folliculaire			
moyen (mm)	39,317	44,507	0,04
Ecart Type	7,30	8,24	

6-Croissance folliculaire-ovulation :

Les résultats relatifs à la comparaison des deux lots expérimentaux ont montrés une différence **significative à un P =0.04**, avec une valeur **plus élevée** chez les juments pur **sang arabe dont** la moyenne = **44.507±8.24** et une valeur **minimale** chez les juments **barbes** avec une moyenne = **39.317± 7.30**.

NB : Le test statistique utilisé est le test **T de Student** spécifique a la comparaison des moyenne.

Résultats

1.4. -Effet des paramètres hématologiques et biochimiques sur la croissance folliculaire :

1.4.1 Test de normalité :

Pour mieux interpréter les résultats d'analyse des paramètres hématologiques et biochimiques, nous avons eu recours au test de normalité (Shapiro-Wilk et Anderson-Darling) pour les variables biochimiques continues issues de l'étude :

Tableau 08: Tests de normalité (Shapiro-Wilk et Anderson-Darling) pour les variables biochimiques continues issues de l'étude.

Variable	Moyenne	Ecart-type	Valeurs de P	
			Shapiro-Wilk	Anderson-Darling
sodiummmol/L	139,000	2,224	0,015	0,009
potassiummol/L	3,758	0,305	0,019	0,019
glycémie à jeun g/L	0,805	0,048	0,334	0,201
urée g/L	0,252	0,040	0,956	0,906
TGO(ASAT) UI /L	189,350	34,462	0,030	0,045
creatine phospho kinase U/L	176,400	40,027	0,024	0,090
gamma GT U/L	14,250	4,387	0,155	0,147
Albumine g/L	28,900	1,586	0,260	0,094
leucocytes /mm ³	8175,000	1255,252	0,454	0,601
hématies M/mm ³	7,482	0,519	0,340	0,236
hémoglobine g/dL	13,535	0,846	0,068	0,116
hématocrite %	35,590	2,999	0,016	0,045
VGM μm ³	47,600	3,085	0,108	0,083
TGMH pg	18,080	0,541	0,642	0,300
CCMH g/dl	38,110	2,318	0,002	0,000
plaquettesmm ³	171900,000	31336,711	0,392	0,502
plaquettes 2	2557,920	2226,163	0,001	0,000
polynucléaire éosinophile	147,915	121,164	0,006	0,049
polynucléaire basophiles	218,470	267,697	0,001	0,000
lymphocytes	3647,240	1189,800	0,000	0,002
monocytes	1204,445	1258,428	< 0,0001	< 0,0001
cortisol nmol/l	170,918	62,831	0,002	0,006
fibrinogene g/L	1,783	0,282	0,573	0,676

Résultats

Interprétation :

Le test de Shapiro-Wilk nous a révélé que le sodium, potassium, créatinephosphokinase, gamma GT, hématocrite, CCMH, plaquettes, polynucléaire éosinophile, polynucléaire basophiles, lymphocytes, monocytes, cortisol et la fibrinogène ne suivent pas la loi normale ($p < 0.05$). De ce fait des transformations logarithmique, racine carré et racine ont été utilisées pour ces variables (Tableau 09) afin qu'elles suivent la loi normale.

1.4.2 Test de colinéarité générale :

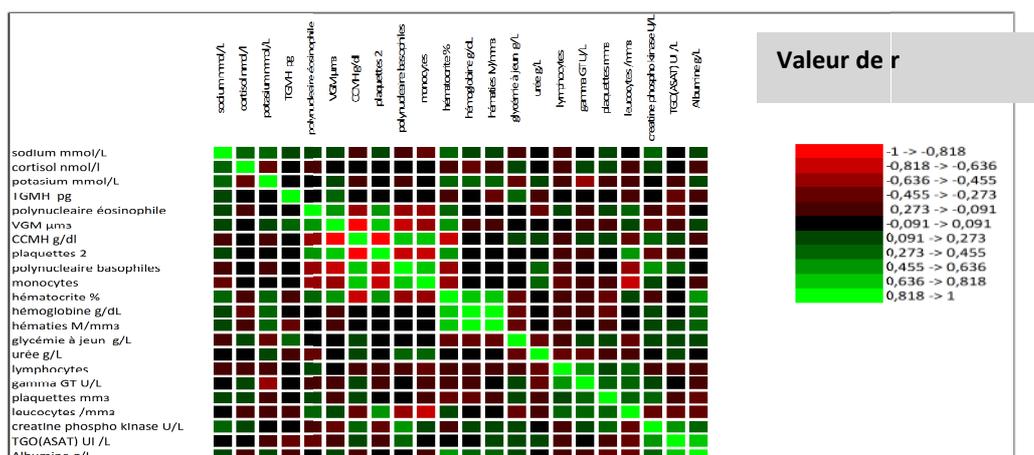


Figure 44 : Test de colinéarité générale des variables hémato-biochimiques continus.

Interprétation :

La (figure 44) nous montre qu'il existe une très forte corrélation négative ($r = -0.888$, $p < 0.0001$, rouge vif) entre VGM et CCMH et une très forte corrélation positive ($r = 0.707$, $p = 0.0004$, vert vif) entre hémoglobine et hématocrite. De ce fait, nous avons rejeté CCMH et hémoglobine dans nos modèles de régression généralisée (GLM) pour éviter la colinéarité.

1.4.3 Poulinage /1er saillie :

Tableau 09 : Régression linéaire généralisée (GLM) de l'effet de l'augmentation de l'albumine et Polynucléaires éosinophile sur la réussite de 1ère saillie.

Paramètres	Model univarie			Model multivarie		
	OR	95% IC	P	OR Ajusté*	95% IC	P Ajusté*
Albumine	0.52	0.10-0.94	0.01	2.43	1.17- 5.05	0.02
Polynucléaire éosinophile	1.17	0.72-1.91	0.5	0.52	0.28-0.98	0.04

Résultats

*valeurs de **P** et d'odds ratio ajustées dans le model qui contient toutes les variables explicatives.

La chance de réussite de 1ère saillie a été faible de 48% pour chaque 1 mmol/l de l'albumine (OR=0.52, P=0.01) dans le modèle uni-varie alors que cette chance a été élevée de 1.5 fois pour chaque 1 mmol/l de l'albumine (OR=2.43, p=0.02) dans le modèle multivarié.

La chance de réussite de 1ère saillie a été plus faible de 48% pour chaque augmentation d'une unité de Polynucléaires éosinophile (OR=0.52, p=0.04) dans le modèle multivarié.

1.4.4 Croissance folliculaire :

Tableau 10 : les paramètres sanguins influençant la croissance folliculaire (régression linéaire généralisée).

Paramètres	Valeur de P		
	Variable	Temps	Variable*temps
Sodium	0.028	<0.0001	0.002
leucocytes /mm ³	0.013	<0.0001	0.001

D'après nos résultats, nous avons enregistré un changement significatif de la croissance folliculaire dans le temps (p<0.0001).

Nous avons enregistré un effet significatif positif de sodium et négatif de leucocytes sur la croissance folliculaire (p=0.028 et 0.013 respectivement) Il y'a interaction variable* temps (quelque soit le jour il ya effet significatif positif du sodium et négatif des leucocytes) pour le sodium et les leucocytes pour la croissance folliculaire (p=0.002 et 0.001 respectivement).

2- DEUXIEME VOLET : Comportement Sexuel Des Etalons :

2.1 Race Pur- Sang Arabe

Au niveau du haras national de Chaouchaoua, la fréquence d'utilisation des étalons est résumée dans la figure suivante :

A. Utilisation des étalons en reproduction par année :

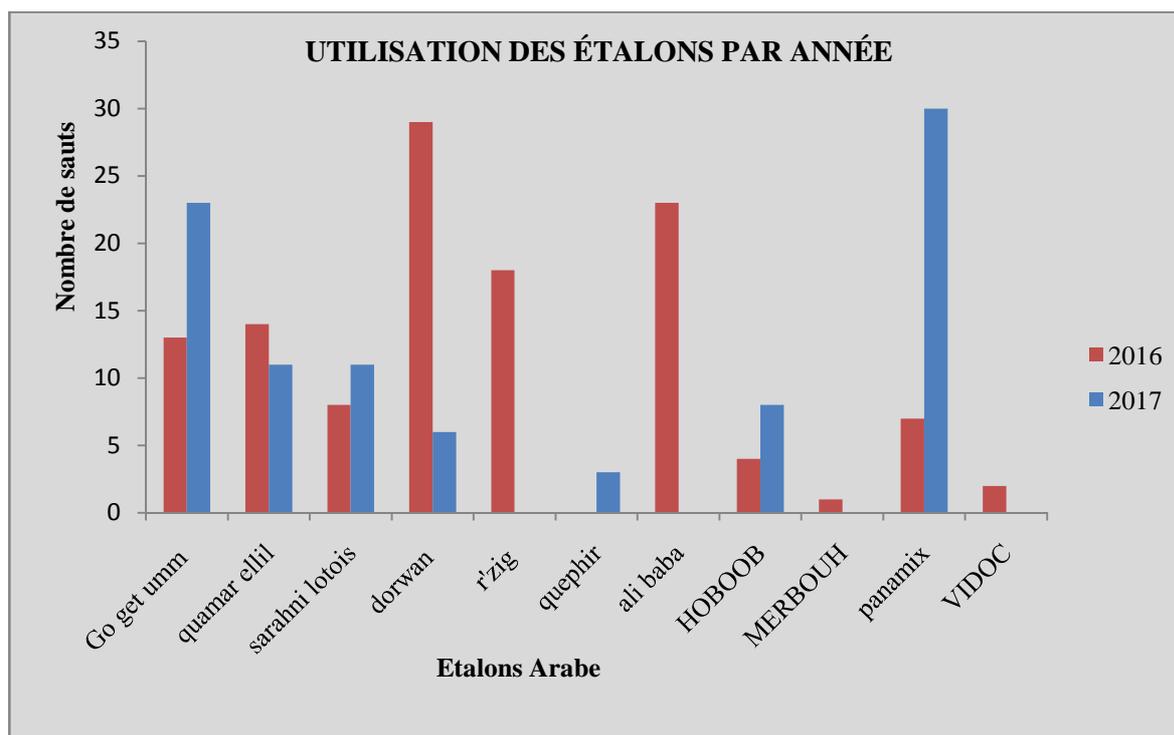


Figure 45 : Utilisation des étalons arabes par années (2016/2017)

Interprétation :

Utilisation des étalons : la figure ci dessus montre que l'utilisation des étalons arabes par année n'est pas rationnelle pour tout les étalons reproducteurs disponibles.

- En 2016,nous avons remarqué que seuls 03 étalons ont été plus utilisés durant la saison de la reproduction sont (*Dorwan,R'zig,et Ali baba*) avec un nombre de sauts qui de (29,18,23)respectivement par rapport aux autres étalons *Go getumm, Panamix, Quamarellil* ...qui ont été utiliser qu'occasionnellement avec un nombre de sauts qui est de l'ordre de (13,7,14) respectivement.
- Par contre en 2017, nous avons remarqué que les étalons les plus utilises sont, *Panamix,Gogetumm Quamarellil* avec un nombre de sauts qui est de(30,23 ,11) respectivement par rapport aux autres étalons *Dorwan Sarahnilotoi et Hoboob* (06,11,08)respectivement.

Nous avons remarqué aussi que *Alibaba, R'zig ,Vidoc et merbouh* n'ont pas été utilisé durant toute la saison de reproduction.

Résultats

B. Nombre de sauts par rapport au nombre de juments en 2016

En 2016, au niveau du haras, la fréquence des sauts des étalons par rapport au nombre de juments est montré dans la figure n° 45.

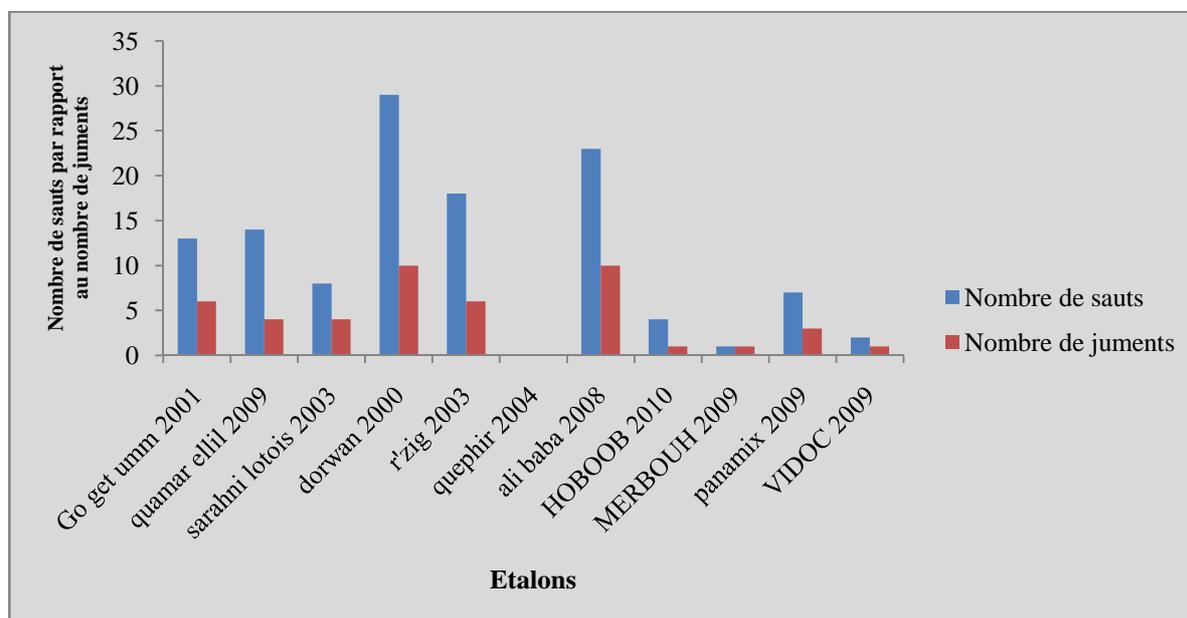


Figure 46 : nombre de sauts par rapport au nombre de juments en 2016.

Interprétation :

D'après nos résultats, en 2016, en général, le nombre de saut est relatif au nombre de juments programmées. Cependant les étalons Dorwan, Ali baba et R'zig avaient un nombre de sauts important par rapport au nombre de juments programmées avec un nombre de 29 pour 10, 23 pour 10 et 18 pour 06 juments respectivement. Alors que les autres étalons (Go guetum, Quamarellil, Merbouh, Panamix, Vidoc, Sarahnilotois et Hoboob) avaient un nombre de sauts moins important.

Nous avons remarqué que l'étalon **Quephir** n'a pas été utilisé durant la saison de reproduction.

C. Utilisation des étalons par rapport au nombre des juments programmées en 2017.

La figure 46 montre le nombre d'utilisation des étalons par rapport au nombre de juments programmé en 2017.

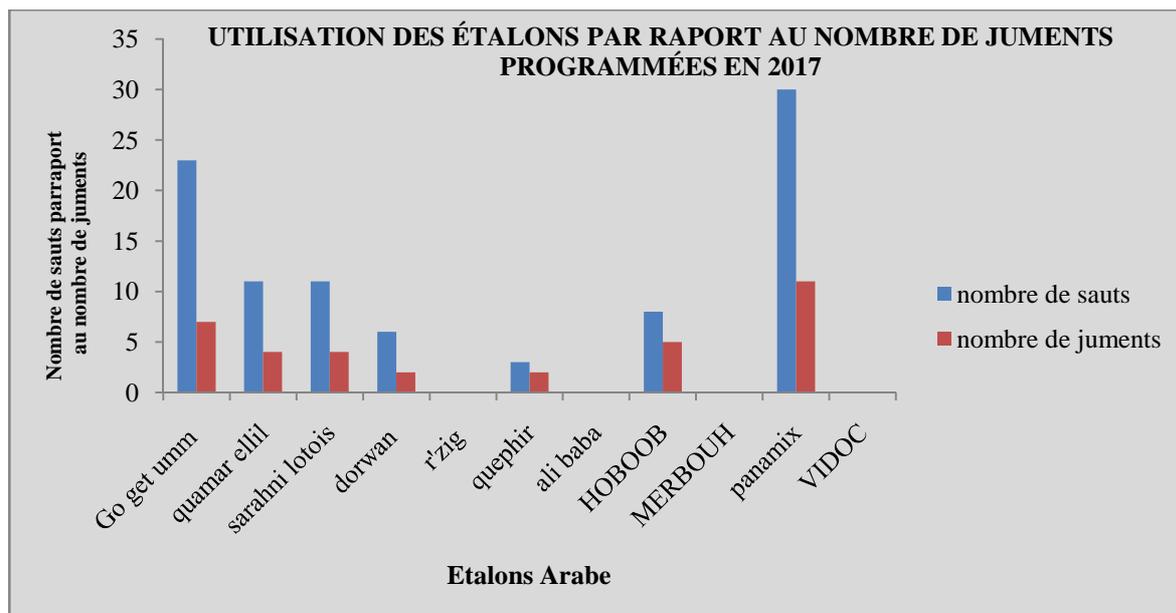


Figure 47 : Utilisation des étalons arabes par rapport au nombre de juments programmées en 2017.

Interprétation :

Nous avons remarqué que le nombre de sauts est corrélé au nombre de juments programmées. Bien que les étalons Panamix et Gogetummont eu un nombre de sauts plus important par rapport au nombre de juments programmées (30 pour 11 et 23 pour 07 respectivement), en conséquence, les autres étalons (Quamarellil, Sarahnilotois, Hoboob, Dorwan et Quefir) ont eu un nombre de sauts moins important (11 pour 4, 11 pour 4, 8 pour 5, 6 pour 2, 3 pour 2 respectivement).

R'zig, alibaba, Merbooh, Vidoc n'ont pas été utilisés durant cette saison de reproduction.

D. Taux de réussite de la monte en main des étalons arabes par année :

La figure 47 nous montre le taux de réussite à l'insémination fécondante des étalons arabes par année.

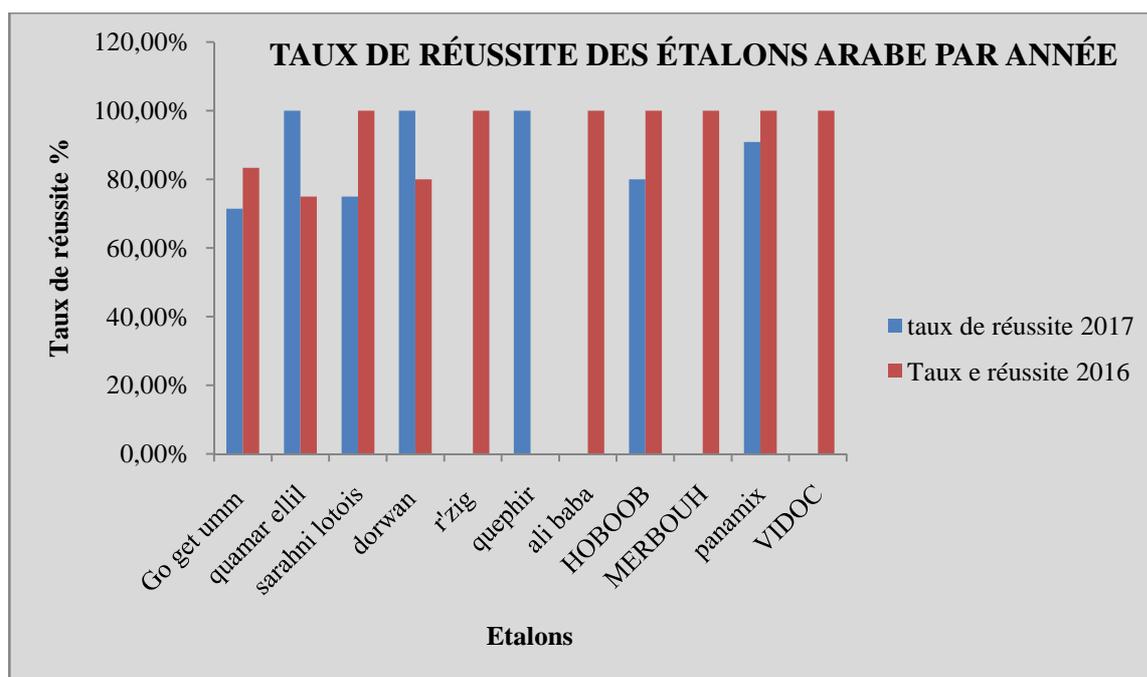


Figure 48: Taux de réussite des étalons arabes par année.

Interprétation :

Nous avons observé que durant les deux années de l'étude, les étalons arabes ont présenté un taux de réussite variant entre 71.42% et 100%.

En 2016, 07 sur 11 soit 63% des étalons ont enregistré un taux de satisfaction de 100% tandisqu'en 2017, 03 sur 11 soit 27% des étalons seulement ont marqué un taux de satisfaction de 100%.

2.2 Race Barbe :

A. Utilisation en reproduction des étalons barbes par année.

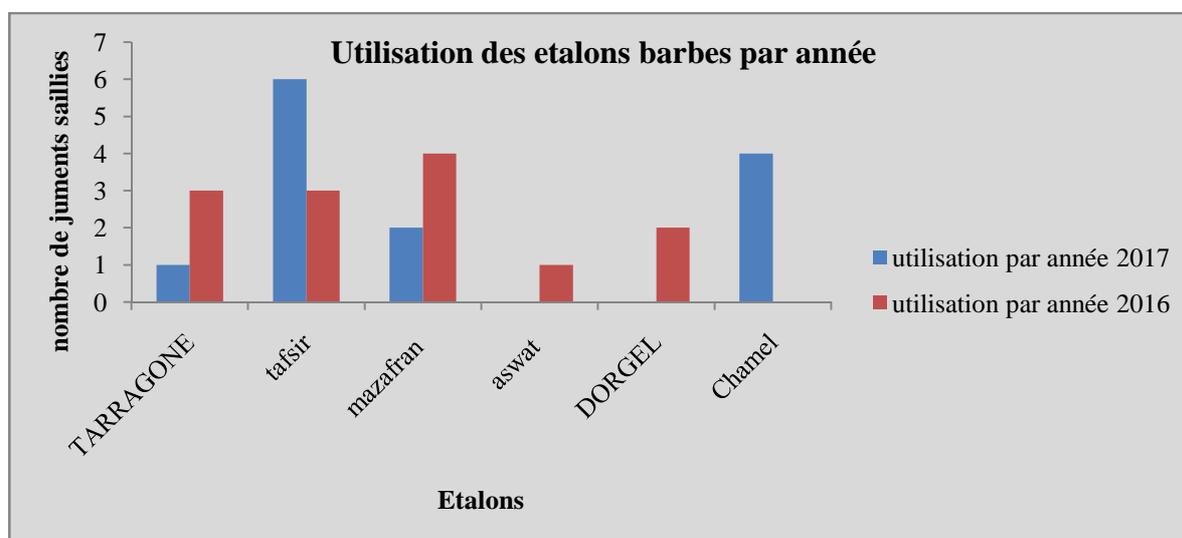


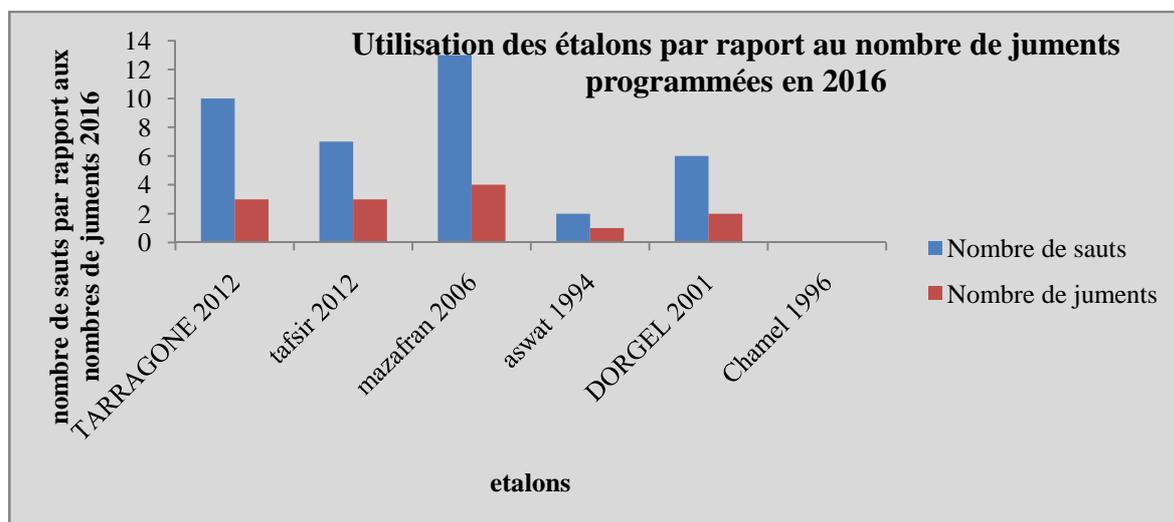
Figure 49 : Utilisation des étalons arabes par années 2016 et 2017

Interprétation :

D'après nos résultats, l'utilisation des étalons barbes par année n'est pas rationnelle pour tous les étalons reproducteurs disponibles. En 2016, nous avons remarqué que les 03 étalons les plus utilisés durant cette saison de reproduction ont été Mazafran, Tafsir et Tarragone avec un nombre juments saillies par rapport aux autres étalons Aswat et Dorgel. L'étalon Chamel n'a pas servi en 2016.

Par contre en 2017, nous avons remarqué que les étalons les plus utilisés ont été Tafsir, Chamel et Mazafran par rapport à l'étalon Tarragone. Nous avons remarqué aussi que les étalons Aswat et Dorgel n'ont pas été utilisés durant toute cette saison de reproduction.

B. Utilisation (nombre de saut) des étalons par rapport au nombre de juments programmées en 2016.



La figure 50 .montre le nombre d'utilisation des étalons par rapport au nombre de juments programmé en 2016.

Interprétation :

Nous remarquons que le nombre de saut est relatif au nombre de juments programmées. Cependant les étalons mazafran tarragone tafsir et Dorgel ont un nombre de sauts important par rapport au nombre de jument programmées qui est de 13 pour 04, 10 pour 03, 07 pour 03 et 06 pour 02 juments respectivement. Alors que l'étalon aswat a un nombre moins important qui est de l'ordre de 02 pour 01 jument. Chamel na pas servie en 2016.

C. Utilisation des étalons par rapport au nombre de juments programmées en 2017.

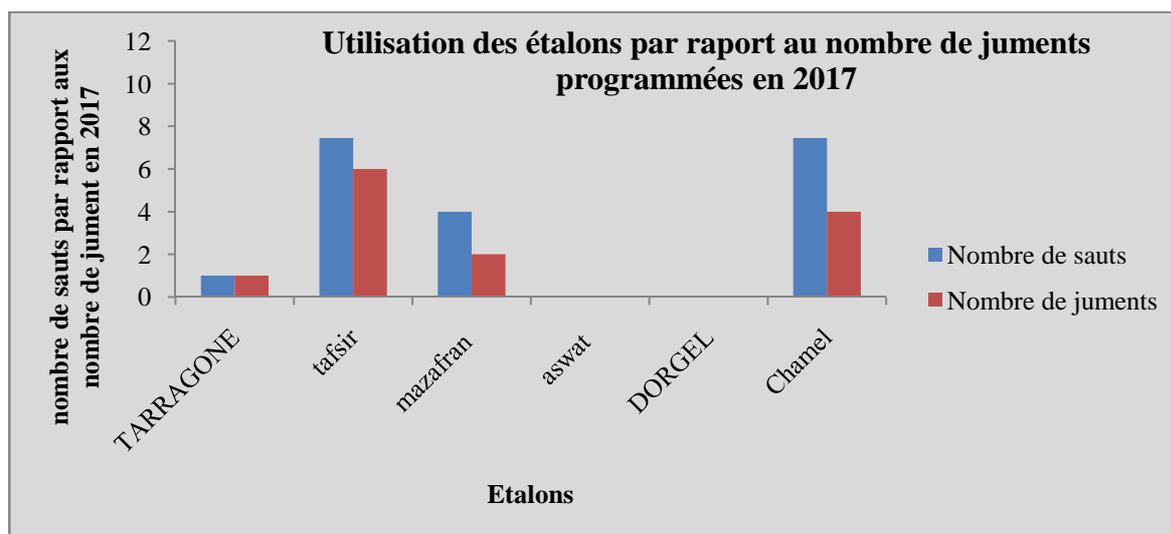


Figure 51 : Utilisation des étalons par rapport au nombre de juments programmées en 2017

Interprétation :

La figure 50. montre le nombre d'utilisation des étalons par rapport au nombre de juments programmé en 2017. Nous remarquons que le nombre de saut est relatif au nombre de juments programmées. Cependant les étalons tafsir et chamel ont un nombre de sauts important par rapport au nombre de jument programmées qui est de 11 pour 06, 09 pour 04 juments respectivement. Alors que les autres étalons mazafran et Tarragone ont un nombre moins important qui est de l'ordre de 04 pour 02 et 01 pour 01 juments respectivement.

D. Taux de réussite de la reproduction des étalons barbes par année.

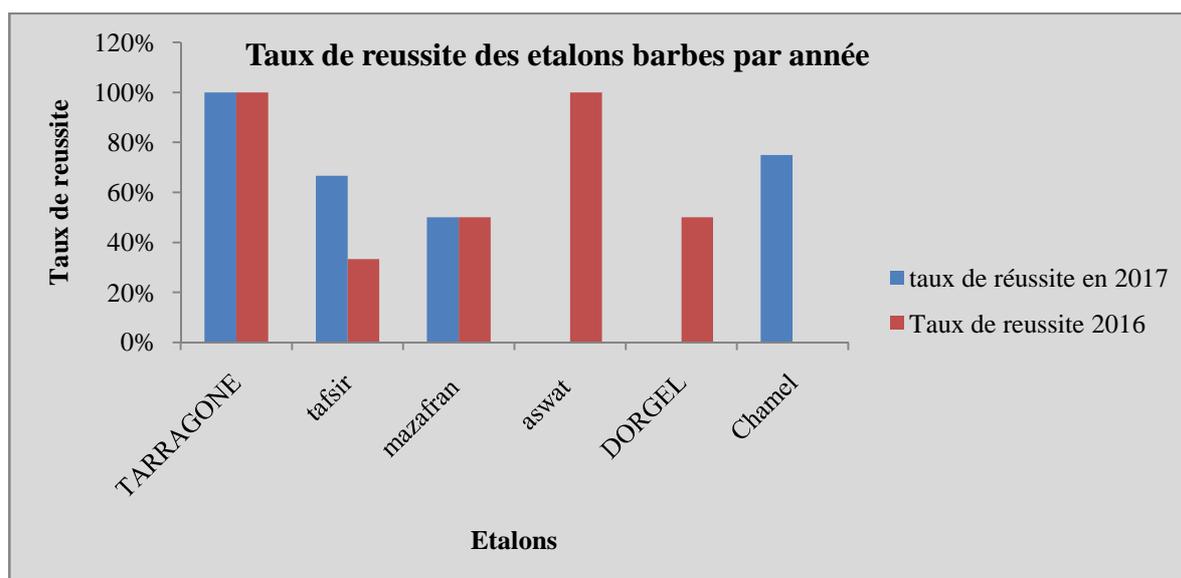


Figure 52 nous montre le taux de réussite à l'insémination fécondante des étalons barbes par année.

Interprétation :

Nous avons remarqué que durant les deux années de l'étude l'ensemble des étalons barbes présentent un taux de réussite varie entre 33.33% et 100%.

En 2016 ; 02/05 = 40 % des étalons ont enregistré un taux de satisfaction de 100% tandis qu'en 2017 ; 01/04 = 25% des étalons seulement ont marqué un taux de satisfaction de 100%.

2. Calcul de la fertilité des étalons par rapport aux chaleurs et la saison:

2.1 Etalons Arabes

Les taux de fertilité des étalons arabes par rapport aux chaleurs et à la saison en 2016 et 2017 sont montrés dans le tableau 12.

Tableau 11 : taux de fertilité par chaleur et par saison des étalons arabes en 2016/2017.

Race	Année	Etalons	Fertilité par chaleur (%)	Fertilité par saison (%)
Arabe	2016	GO GET UMM	21	15
		QUAMAR ELLIL	36	36
		SARAHNI LOTOIS	27,27	20,25
		DORWAN	33,33	33,33
		R'ZIG	0	0
		QUEPHIR	66,66	66
		ALI BABA	0	0
		HOBOOB	50	40
		MERBOUH	0	0
		PANAMIX	33,33	30
	VIDOC	0	0	
	2017	GO GET UMM	38,46	31,66
		QUAMAR ELLIL	21,42	15,75
		SARAHNI LOTOIS	50	50
		DORWAN	27,58	21,6
		R'ZIG	33,33	33
		QUEPHIR	0	0
		ALI BABA	43,47	43,47
		HOBOOB	25	25
		MERBOUH	100	100
PANAMIX		42,85	42,85	
VIDOC	50	50		

Interprétation :

En 2016, d'après nos résultats, le taux de fertilité par chaleur a varié entre 21% et 66.66% tandis que le taux de fertilité par saison a varié entre 15% et 66%.

Les étalons R'zig, Ali Baba, Merbouh et Vidocn'ont pas servis cette année.

En 2017, le taux de fertilité par chaleur a varié entre 21% et 100% tandis que le taux de fertilité par saison a varié entre 15% et 100%. L'étalon Quefir n'a pas servi cette année.

2.3 Etalons Barbes

Les taux de fertilité des étalons barbes par rapport aux chaleurs et à la saison en 2016 et 2017 sont montrés dans le tableau 13.

Tableau 12 : Taux de fertilité par chaleur et par saison des étalons barbes en 2016/2017

Race	Année	Etalons	Fertilité par chaleur (%)	Fertilité par saison (%)
Barbe	2016	TARRAGONE	21	15
		TAFSIR	36	36
		MAZAFRAN	27,27	20,25
		ASWAT	33,33	33,33
		DORGEL	0	0
		CHAMEL	66,66	66
	2017	TARRAGONE	0	0
		TAFSIR	43,47	43,47
		MAZAFRAN	25	25
		ASWAT	100	100
		DORGEL	42,85	42,85
		CHAMEL	50	50

Interprétation :

En 2016, le taux de fertilité par rapport aux chaleurs a varié entre 21% et 66.66% tandis que le taux de fertilité par saison a varié entre 16% et 66%. L'étalon Dorgel n'a pas servi en 2016.

En 2017, le taux de fertilité par rapport aux chaleurs a varié entre 25% et 100%, alors que le taux de fertilité par saison a varié entre 25% et 100%. L'étalon Tarragone n'a pas servi en 2017.

2. Troisième Volet : Analyses Des Paramètres Spermatiques :

3.1. Test de normalité

Pour mieux interpréter nos résultats, nous avons eu recours au test de normalité (Shapiro-Wilk et Anderson-Darling) pour les variables spermatiques continues :

Tableau 13 : Tests de normalité (Shapiro-Wilk et Anderson-Darling) pour les variables spermatiques continues issues de l'étude

Variable	Moyenne	Ecart-type	Valeurs de P	
			Shapiro-Wilk	Anderson-Darling
Saut	1.66	0.73	<0.0001	<0.0001
TMPS RECOLTE	3,215	2,010	0,007	0,009
VOLUME ml	102,185	35,455	0,009	0,019
VOLUME GEL	38,667	25,794	0,012	0,005
V.FILTRE	63,148	33,677	0,002	0,002
CONCENTRAT	107,148	16,974	0,050	0,041
% MOBIL	3,000	0,707	0,001	0,000

Interprétation :

Le test de Shapiro-Wilk nous a révélé que le saut, temps de récolte, volume, volume de gel, volume après filtration et le pourcentage des spermatozoïdes mobiles ne suivent pas la loi normal ($p < 0.05$). De ce fait des transformations logarithmique et racine carré ont été utilisées pour ces variables (Tableau14) afin qu'elles suivent la loi normale.

Résultats

3.2 Nombre de Sauts :

Tableau 14 : Régression linéaire généralisée (GLM) de l'effet de l'âge et de la race sur le nombre sauts.

Paramètre	Classe	Saut	Estimation	Erreur standard	OR	95% IC	P
Race	Arabe	1.71±0.72	0,023	0,300	1,02	0,55-1.90	0,94
	Barbe	1.61±0.76	Référence				
Age	<9 ans	1.42±0.53	-0,314	0,342	0,73	0,36-1.48	0,36
	≥9 ans	1.75±0.78	Référence				

Interprétation :

D'après nos résultats, aucun effet ni de race ($p=0.94$) ni de l'âge ($p=0.36$) de l'étalon sur le nombre de sauts n'a été enregistré.

3.3 Temps de récolte :

Tableau 15 : Régression linéaire généralisée (GLM) de l'effet de l'âge et de la race sur le temps de récolte.

Paramètre	Class	Temps de récolte (min)	Estimation	Erreur standard	OR	95% IC	P
Race	Arabe	3.49±2.20	0,57	0,38	1,76	0,81-3.84	0.15
	Barbe	2.48±1.54	Référence				
Age	<9 ans	2.12±0.86	-0,55	0,43	1,58	0,24-1.40	0.031
	≥9 ans	3.59±2.16	Référence				

Interprétation :

Le tableau 16 montre un effet significatif de l'âge ($p=0.031$) sur le temps de la récolte de la semence. Aucun effet de la race sur le temps de récolte des étalons ($p=0.15$).

Résultats

3.4 Volume totale :

Tableau 16 : Régression linéaire généralisée (GLM) de l'effet de l'âge et de la race sur le volume totale récolté

Paramètre	Class	Volume totale (ml)	Estimation	Erreur standard	OR	95% IC	P
Race	Arabe	104.57±36.89	0,23	0,41	1,27	0,54-2.59	0.57
	Barbe	99.61±35.14	Référence				
Age	<9 ans	110.71±34.57	0,39	0,46	1,49	0,57-3.91	0.4
	≥9 ans	99.20±36.14	Référence				

Interprétation :

Le tableau 17 nous montre aucun effet ni de race ($p=0.57$) ni de l'âge ($p=0.4$) de l'étalon sur le volume totale récolté.

3.5 Volume de gel :

Tableau 17 : Régression linéaire généralisée (GLM) de l'effet de l'âge et de la race sur le volume de gel.

Paramètre	Class	Volume de gel (ml)	Estimation	Erreur standard	OR	95% IC	P
Race	Arabe	34.57±21.03	-0,39	0,41	0,68	0,29-1.58	0.36
	Barbe	43.07±30.35	Référence				
Age	<9 ans	36.57±29.08	-0,23	0,47	0,79	0,30-2.08	0.63
	≥9 ans	39.40±25.42	Référence				

Interprétation :

Le tableau 18 nous montre aucun effet ni de race ($p=0.36$) ni de l'âge ($p=0.63$) de l'étalon sur le volume de gel.

Résultats

3.6 Volume filtré :

Tableau 18 : Régression linéaire généralisée (GLM) de l'effet de l'âge et de la race sur le volume de gel.

Paramètre	Class	Volume filtré (ml)	Estimation	Erreur standard	OR	95% IC	P
Race	Arabe	69.28±43.66	0,51	0,40	1,67	0,73-3.78	0.21
	Barbe	56.53±17.32	Référence				
Age	<9 ans	72.71±30.71	0,54	0,45	1,72	0,68-4.39	0.24
	≥9 ans	59.80±34.76	Référence				

Interprétation :

Le tableau 20 nous montre aucun effet ni de race (**p=0.21**) ni de l'âge (**p=0.24**) de l'étalon sur le volume filtré.

3.7 Motilité :

Tableau 19 : Régression linéaire généralisée (GLM) de l'effet de l'âge et de la race sur la motilité

Paramètre	Class	Motilité (%)	Estimation	Erreur standard	OR	95% IC	P
Race	Arabe	3.00±0.73	0,21	0,39	1,24	0,56-2.75	0.58
	Barbe	3.00±0.70	Référence				
Age	<9 ans	3.43±0.53	0,89	0,44	2,42	0,98-6.01	0.049
	≥9 ans	2.85±0.70	Référence				

Interprétation :

Le tableau 20 nous montre que la motilité est élevé d'une fois et demi (OR=2.42 ; 95% IC= 0,98-6.01 ; p=0.049) chez les étalons âgés de moins de 9 ans par rapport aux étalons âgés de 9 ans et plus. Cependant, la race n'a eu aucun effet sur la motilité des spermatozoïdes (p=0.58).

Résultats

3.8 Concentration :

Tableau 20 : Régression linéaire généralisée (GLM) de l'effet de l'âge et de la race sur la concentration.

Paramètre	Class	Concentration	Estimation	Erreur standard	OR	95% IC	P
Race	Barbe	101.28±16.69	-0,35	0,20	1,71	0,47-1.06	0.041
	Arabe	113.46±15.46	Référence				
Age	<9 ans	111.57±14.95	0,06	0,20	1,06	0,71-1.60	0.76
	≥9 ans	105.60±17.71	Référence				

Interprétation :

Le tableau 21 nous montre un effet significatif de la race (**p=0.041**) sur la concentration des spermatozoïdes, Aucun effet de l'âge n'a été enregistré sur la concentration de la semence des étalons.

3. Effets des paramètres spermatiques sur le taux de réussite de l'insémination des étalons :

Nos résultats sont résumés dans le (tableau 22).

Tableau 21 : Régression linéaire généralisée (GLM) du modèle multivarié de l'effet du temps de réaction, Volume total, volume du gel, concentration de l'éjaculat, mobilité totale des spermatozoïdes, la race et l'âge des étalons sur la réussite de la monte en main.

Paramètres	β	Erreur standard	OR	Intervalle de confiance 95%	Valeur de P	
Temps de réaction	0,000	0,124	1,0004	0,771-1,297	0,997	
Volume total	-0,002	0,010	0,997	0,977-1,018	0,814	
Volume du gel	-0,029	0,022	0,971	0,927-1,017	0,210	
Concentration	-0,001	0,016	0,998	0,966-1,032	0,946	
Mobilité	0,625	0,409	1,868	0,793-4,400	0,143	
Race	Arabe	1,920	0,882	6,823	1,076-43,24Z	0,042
	Barbe	Référence				
Age	<9ans	0,366	0,544	1,442	0,462-4,501	0,509
	≥9ans	Référence				

Résultats

Interprétation :

La régression linéaire généralisée de modèle multivarié où nous avons introduit toutes les variables dans le même modèle nous révèle un effet significatif de la race des étalons sur le taux de réussite de l'insémination artificielle. De ce fait, la chance de réussite de l'insémination artificielle a été plus élevée de 6 fois chez la race Arabe par rapport la race barbe (**OR=6.82, IC95%= 1.07-43.23, p=0.042**). Cependant, nous n'avons remarqué aucun effet de temps de réaction, volume total, volume du gel, concentration, mobilité des spermatozoïdes et l'âge des étalons sur le taux de réussite de la monte en main. (**p>0.05**).

DISCUSSION

DISCUSSION

L'absence de gestation chez une poulinière est une sanction économique très importante pour un éleveur ou une structure d'élevage. Or, la fertilité d'une jument dépend de facteurs multiples elle est aussi liée directement à la fertilité de l'étalon, la qualité du suivi gynécologique, la gestion de l'alimentation, l'hygiène générale de l'élevage et les facteurs environnementaux. Amelie et Valdieu .2015 .

La fertilité conditionne la productivité de l'élevage et sa bonne santé économique. La fertilité de l'étalon dépend principalement de la qualité de sa semence, de la technique de monte utilisée, de la qualité du suivi de la monte et de son comportement. Margat, Ifce.2017.

Pour améliorer la fertilité d'un étalon, il convient de réaliser un spermogramme (analyse de la semence) qui permet de suivre, de l'achat jusqu'à la réforme, l'évolution de la qualité de la semence. Le mode de reproduction est choisi en fonction des impératifs de la race et du spermogramme. Il importe de suivre rigoureusement le harem de l'étalon (passages à la barre, diagnostics de gestation, suivi ovarien éventuel, et de Calculer régulièrement et en cas de doute la fertilité par chaleur de son étalon. Margat et Ferry.2017

L'éleveur, lorsqu'il en a la possibilité, devra toujours orienter son choix vers la technique la plus fertile.

A travers cette partie de notre étude, nous allons commenter et discuter notre démarche, les protocoles que nous avons suivis et nos résultats. Nous comparerons les différences liées à la race et à l'âge que nous avons mises en évidence avec les données de la littérature.

1. Echantillonnage :

Les 20 juments recrutées pour cette étude ont permis d'établir des valeurs en Biochimie et Hématologie pour toutes les variables analysées, et leurs relations avec le bilan de reproduction au niveau de la jumentrie de Tiaret, ainsi, même si toutes les valeurs usuelles ont été établies selon les recommandations internationales, un plus grand nombre d'individus aurait permis de les parfaire.

D'un autre côté les 17 étalons (80.95%) ciblés par l'étude représentent la majorité des étalons reproducteurs disponibles et recrutés au niveau de la jumentrie de Tiaret.

DISCUSSION

La répartition des races, du nombre d'individus dans chaque classe n'est pas homogène mais la constitution de telles classes n'était en pratique pas réalisable (temps, moyens humains et techniques mis en œuvre, coopération d'une main d'œuvre qualifiée de chevaux).

- En effet, les juments pur-sang arabes représentent 65% de notre échantillon de référence alors qu'ils ne représentent que 26,3% des juments ciblées pendant la période expérimentale.
- Les juments Barbes représentent **27%** de notre échantillon de référence alors qu'ils représentent **62,5%** des juments ciblées pendant la période expérimentale.
- Les étalons pur sang arabes représentent **55%** des reproducteurs ciblés par l'étude.
- Les étalons Barbes représentent **30%** des reproducteurs ciblés par l'étude.

Ainsi, notre échantillon de référence ne correspond pas parfaitement à la population des juments et des étalons présents au niveau du HARAS national de Chaouchaoua mais les deux races majoritaires des deux populations sont concordantes.

Enfin, nous n'avons fixé aucun critère de niveau d'entraînement, d'alimentation ni de mode de vie (box / pré, seul / en troupeau). En effet, le but était d'avoir un échantillon homogène pour le type des juments (poulinières) mais être trop spécifique pour la race, afin de correspondre au mieux aux juments présentées dans l'expérimentation.

Il a été jugé préférable de concentrer notre étude sur deux races, plutôt que sur une population hétérogène comprenant des animaux de races très différentes comme les raves – Barbes et des purs-sangs Anglais.

2. Résultats :

2.1 Paramètres Biochimiques et Hématologiques :

L'objectif de cette étude a été atteint : des valeurs usuelles biochimiques et Hématologiques sanguines dans un échantillon de juments Barbes et purs-sangs Arabes ont été mises au point. Ces valeurs obtenues chez 20 juments sont du même ordre de grandeur que celles obtenues dans des études antérieures sur des chevaux de la même race, ainsi que chez le cheval en général (Dossin O et al, 1993 ; Gupta A.K et al, 1993 ; Gupta A.K et al, 1994 ;

DISCUSSION

Lepers L, 2008 ; Martin S et al, 1982 ; Richard S et al, 1994 ; Richard S et al, 1995 ; Sommer G, 1983).

B-Paramètres biochimiques :

Les concentrations sériques de l'urée et de la créatinine sont des indices communs reflétant le métabolisme des protéines et l'efficacité des fonctions rénales. De plus, la créatinine est un produit de dégradation de la créatine phosphate musculaire dont le niveau dépend directement de la masse musculaire et de son activité.

Le sodium est le principal cation du compartiment extracellulaire. Il est principalement responsable de la majorité des échanges fluides à travers les barrières épithéliales. Les autres rôles physiologiques du sodium sont les suivants: cofacteur pour de nombreuses réactions métaboliques, Co-transporteur de molécules organiques et diffusion des potentiels d'action dans le système nerveux.

Les taux sériques de sodium enregistrés chez les sujets de l'étude font partie des valeurs habituelles et sont similaires aux valeurs de référence habituelles telles que rapportées par Vet Agro Sup Lyon, Burlikowska K, et al 2015 The University of Edinburgh 2015, Grondin TM, Dewitt SF 2010 et légèrement supérieures à celles citées par Neuberger-Zuchowicz K, et al 2011.

Les valeurs de potassium observées dans la présente étude indiquaient $3,68 \pm 0,115$ chez les juments Barbes et $3,82 \pm 0,7$ chez les juments Arabes.

L'analyse statistique a révélé une différence très significative entre ces derniers avec un $p = 0,006$, dont les valeurs les plus élevées sont enregistrées chez les juments Ps-Arab.

Le potassium sérique enregistré chez les sujets de notre étude est l'une des valeurs habituelles et est similaire à celles citées par Vet Agro Sup Laboratory (Lyon) Burlikowska K, et al 2015, Desjardins I, Cadoré JL 2015, The University of Edinburgh 2015, Neuberger-Zuchowicz K, et al 2011. et Desjardins I, Cadoré JL.2006.

Les indices du métabolisme du glucose et des lipides reflètent l'économie d'énergie et ses fluctuations dans un organisme vivant. Le taux de glucose sanguin au repos est relativement stable et varie généralement entre 3,1 et 6,2 mmol /L Winnicka A.2011.

DISCUSSION

Dans notre expérience, les taux de glycémie enregistrés sont parmi les valeurs usuelles et sont similaires à ceux cités par Vet Agro Sup (Lyon) Burlikowska K, Bogusławska-Tryk M, 2015, The University of Edinburgh 2015- Neuberg-Zuchowicz K, et al 2011.

L'albumine est la fraction protéique majeure (48 à 76% du PT) et la plus active sur le plan osmotique d'un sérum de cheval Winnicka .2011. L'albumine est une protéine négative de la phase aiguë de l'inflammation. C'est-à-dire qu'en cas d'inflammation, les cytokines pro-inflammatoires induisent une diminution de la synthèse d'albumine, de sorte qu'une hypoalbuminémie peut être présente. Il est rare chez les chevaux (environ 20% des cas) Lassen, 1995.

Nos valeurs enregistrées dans les deux races étudiées, les barbes et les juments arabes sont de l'ordre de $28,30 \pm 0,473$ g / L et de $29,50 \pm 0,477$ g / L, respectivement. L'analyse statistique a révélé une différence significative entre ces derniers avec un $p = 0,041$, dont la valeur la plus élevée est enregistrée chez les juments pur-sang Arabe.

L'albuminémie enregistrée chez nos juments est l'une des valeurs usuelles et est similaire à celles citées par Vet Agro Sup (Lyon) Burlikowska K, Bogusławska-Tryk M,2015, The University of Edinburgh,2015- Neuberg-Zuchowicz K, et al 2011.

L'AST est une enzyme induite, présente à forte concentration dans le foie et dans les muscles (cœur et squelette) de toutes les espèces. Il s'agit d'une enzyme non spécifique qui doit être analysée en combinaison avec d'autres variables Lassen ED et all 1995. Une augmentation significative de l'activité peut être due à des douleurs hépatiques ou musculaires, ou à une hémolyse, car les érythrocytes contiennent de l'AST.

Dans notre expérience, les activités de ces enzymes ne différaient pas entre les juments barbes et arabes.

GGT: L'analyse statistique a révélé une différence significative entre ces dernières avec un $p = 0,043$ dont la plus grande valeur est enregistrée chez les juments Barbes.

Les concentrations sériques de GGT enregistrées chez nos juments font partie des valeurs usuelles et sont similaires à celles citées par le laboratoire Vet Agro Sup (Lyon) The University of Edinburgh,2015- Neuberg-Zuchowicz K, et al 2011, et bien inférieures aux valeurs citées par l'Université de Cornell 2015 ; Burlikowska K, Bogusławska et al 2015.

DISCUSSION

CPK: L'analyse statistique a révélé une différence non significative entre ces derniers avec un $p = 0,957$ dont la plus grande valeur est enregistrée chez les juments barbes. Les taux sériques de CPK enregistrés chez nos juments font partie des valeurs habituelles et sont similaires à celles citées par Vet Agro Sup (Lyon) Burlikowska K, Bogusławska-Tryk M, 2015, The University of Edinburgh, 2015- Neuberg-Zuchowicz K, et al 2011.

C- Hématologie :

Les paramètres hématologiques constituent les premiers indices sanguins appliqués pour évaluer la santé et les performances des chevaux et leur degré d'entraînement UC Davis School of Veterinary Medicine 2015.

La majorité des indices hématologiques déterminés dans la présente étude se situaient dans la plage des valeurs de référence normales spécifiées pour les chevaux cités par (laboratoire Vet). Agro Sup (Lyon), [The University of Edinburgh 2015, Grondin TM, Dewitt SF 2010, Eckersall PD. 2008, qui prouve que les animaux testés sont en bonne santé et en bon état. Les valeurs du nombre de globules rouges, de la valeur de HCT et de la concentration d'Hb déterminées dans l'expérience actuelle pour la race arabe et Barbe étaient proches, à ceux obtenus dans les études précédentes sans différences significatives entre les races. Les paramètres de globules rouges (MCV, MCH, MCHC) indiquent l'efficacité de la synthèse de l'hémoglobine et sa capacité de transport de l'oxygène. Grondin et Dewitt 2015 et Cornell University 2015. (MCV, MCHC) ont révélé une différence significative entre les deux races avec une valeur $p = 0,02$, la valeur la plus élevée ayant été enregistrée chez les juments Arabe.

L'analyse statistique a révélé une différence non significative entre ceux-ci avec un $p = 0,37$ dont la plus grande valeur est enregistrée chez les juments barbes.

La présente étude montre des différences significatives dans le nombre de globules blancs au repos et leurs types entre les juments arabes et Barbe. Tous nos résultats sont inclus dans les marges des valeurs usuelles citées par le laboratoire Vet Agro Sup (Lyon) et nettement supérieures à celles citées par Neuberg-Zuchowicz K, 2011

Le nombre de PLT dans les deux groupes d'animaux était similaire aux valeurs de référence données par Vet Agro Sup (Lyon) et nettement supérieur à celles citées par Neuberg-Zuchowicz K, 2011.

DISCUSSION

La fibrine apparaissant au cours de la seconde phase de l'hémostase provient du clivage du fibrinogène par la thrombine. Rand et Murray, 2002 De plus, le fibrinogène joue également un rôle dans l'inflammation. Il fait partie des protéines de la phase aiguë de l'inflammation, car en générant de la fibrine, il peut "séquestrer" les lésions et initier des processus de guérison Eckersall, 2008.

L'analyse statistique a révélé une différence non significative entre les deux races avec un $p = 0,069$, dont la valeur la plus élevée est enregistrée chez les juments Barbes. La fibrinogénémie enregistrée chez nos juments est similaire aux valeurs habituelles citées par le laboratoire Vet Agro Sup (Lyon) Grondin T.M et Dewit S.F, 2010 ; Desjardins I et Caddoré J.L, 2006 ; University of Edinburgh, 2015.

Chez la jument une hyperfibrinogénémie marque la présence d'un phénomène inflammatoire aiguë.

Concernant le Cortisol nous avons enregistré dans les deux lots expérimentaux Barbes et Ps-Arabes sont de l'ordre de $148,742 \pm 8,717$ nmol/l et $192,230 \pm 25,720$ nmol/l respectivement.

L'analyse statistique à révéler une différence très significative entre ces derniers avec un $P = 0,004$ dont la plus grande valeur est enregistrée chez les juments Ps-Arabes. Cette différence est liée à l'hypersensibilité des races purs-sangs (Check J.H et al, 1995)

La cortisolémie enregistrée chez nos juments fait partie des valeurs usuelles et est similaire à celle reportée par (Harvey J.W, 2001) et nettement supérieure à celle citée par (Amel M et Abu el-maaty, 2011)

F- Reproduction :

Intervalle poulinage première saillie :

Nos valeurs enregistrées dans les deux lots expérimentaux Barbes et Ps-Arabes sont de l'ordre de $29,83 \pm 16,41$ Jours et $50,6 \pm 32,49$ Jours respectivement.

L'analyse statistique à révéler une différence significative entre ces derniers avec un $P = 0,014$ dont la plus grande valeur est enregistrée chez les juments Ps-Arabes.

DISCUSSION

La différence constatée entre les juments Barbes et Ps-Arabs peut être liée à une origine génétique ; notamment l'ancêtre est plus fréquent et plus long chez les juments pur-sang

Arabs par rapport aux autres races ceci peut s'expliquer par la rusticité de l'élevage (Sharp D.C, 1980 ; Bour B et al, 1984).

Nombre de saillie :

Nos valeurs enregistrées dans les deux lots expérimentaux Barbes et Ps-Arabs sont de l'ordre de $1,8 \pm 0,79$ et $2 \pm 0,94$ respectivement.

L'analyse statistique à révéler une différence non significative entre ces Indexes d'insémination avec un $P = 0,5$ dont la plus grande valeur est enregistrée chez les juments Ps-Arabs.

Le nombre et le rythme optimaux d'inséminations sont déterminés par plusieurs facteurs :

-La durée de vie des SPZ dans les voies génitales de la jument est de 3 à 4 jours (Deuleuze S, 2013), mais peut aller jusqu'à une semaine se qui diffère des autres grandes espèces (Woods J et al, 1990).

-L'ovocyte à une durée de vie optimale d'environ 12h après l'ovulation, l'insémination est donc possible juste après l'ovulation.

-Les capacités de défense de l'utérus diminuent après l'ovulation :

-Les inséminations poste ovulation entraîne un risque accru d'endométrite pathologique et la mortalité embryonnaire augmente, (Woods J et al, 1990). Ce qui est le cas de notre étude chez les juments Ps-Arabs avec un index de 2 saillies.

-L'intervalle optimum entre l'insémination et l'ovulation varie en fonction du type de semence il est de 24 à 72 h pour la semence fertile sperme frais (Woods J et al, 1990).

DISCUSSION

Nombre de cycle :

Nos valeurs enregistrées dans les deux lots expérimentaux Barbes et Ps-Arabes sont de l'ordre de $1,1\pm 0,32$ et $1,8\pm 0,92$ respectivement.

L'analyse statistique a révélé une différence significative entre ces derniers avec un $P= 0,032$ dont la plus grande valeur est enregistrée chez les juments Ps-Arabes.

Le nombre d'insémination par cycle influence la fertilité. Plusieurs études montrent que le taux de gestation est supérieur lorsque les inséminations sont répétées au cours d'un même cycle. (Vidament M et al, 1993 ; Voss J.L, 1982 ; Clement F et Vidament M, 1998).

La pratique d'inséminer de façon répétée est cependant incompatible avec la disponibilité de la semence et le risque d'induire des endométrites, notamment chez les juments sensibles pour lesquelles l'effet bénéfique du nombre d'insémination est annulé (Clement F et Vidament M, 1998).

L'état actuel des connaissances suggère d'inséminer au moins deux fois par cycle dans l'intervalle optimum avant l'ovulation. (Voss J.L, 1982).

Croissance folliculaire :

Nos valeurs enregistrées dans les deux lots expérimentaux Barbes et Ps-Arabes sont de l'ordre de $4,1\pm 1,17$ mm et $2,35\pm 0,47$ mm respectivement.

L'analyse statistique a révélé une différence très significative entre ces diamètres folliculaires ($P= 0,032$), la plus grande valeur a été enregistrée chez les juments Ps-Arabes.

Plusieurs auteurs ont démontré que le diamètre folliculaire pré-ovulatoire et son évolution jusqu'à l'ovulation (Ginter et al, 1993) ont démontré que les follicules dominants des grandes vagues anovulatoires, n'atteignent généralement pas un diamètre moyen comparable avec le diamètre maximal des follicules pré-ovulatoires.

Pierson (1985) a rapporté que le follicule pré-ovulatoire est dominant six jours ou plus avant l'ovulation, ces auteurs ont rapporté aussi une croissance linéaire de 99,5% du follicule, dès le septième jour avant l'ovulation. Ces résultats sont similaires aux résultats que nous avons obtenus chez les pur-sang arabes. Pour les juments Barbes, nous avons noté une croissance

DISCUSSION

importante et rapide avec une ovulation plus précoce que chez les Ps-Arabes, cela est du peut être à la spécificité de la race et son pouvoir adaptatif aux conditions locales.

Intervalle poulinage conception :

Nos valeurs enregistrées dans les deux lots expérimentaux Barbes et Ps-Arabes sont de l'ordre de $83,86 \pm 125,29$ Jours et $62,1 \pm 30,30$ Jours respectivement.

L'analyse statistique à révéler une différence très significative entre ces intervalles avec un $P=0,002$ dont la plus grande valeur est enregistrée chez les juments Barbes.

Effet des paramètres biochimiques et hématologiques sur la croissance folliculaire :

Le test de normalité :

Le test de Shapiro-Wilk nous a révélé que le sodium, le potassium, la créatine phospho-kinase, la GGT, l'hématocrite, la CCMH, les plaquettes, les polynucléaires éosinophiles, les polynucléaires basophiles, les lymphocytes, les monocytes, le cortisol et le fibrinogène ne suivent pas la loi normal ($p < 0,05$). De ce fait, des transformations logarithmiques, racine carré et racine ont été utilisées pour ces variables afin qu'elles suivent la loi normale.

Ricco (2011) a rapporté que les variables continues doivent suivre la loi normale, si non, des transformations logarithmiques sont nécessaires pour normaliser les résultats.

Le test que nous avons utilisé pour normaliser nos résultats est le test de Shapiro-Wilk : Test très populaire, comparé aux autres tests, ce dernier est particulièrement puissant pour les petits effectifs ($n \leq 50$).

Test de Colinéarité :

Dans notre étude il existe une très forte corrélation négative ($r = -0,888$, $p < 0,0001$) ;(-1,0 à -0,5) entre VGM et CCMH et une très forte corrélation positive ($r=0,707$, $p=0,0004$) (0,5 à 1,0) entre hémoglobine et hématocrite.

DISCUSSION

Thierry Foucart en 2006 rapport qu'au plan statistique, l'existence d'une colinéarité approximative, appelée colinéarité statistique, peut perturber les estimations des paramètres du modèle.

De ce fait, nous avons rejeté CCMH et HEMOGLOBINE dans nos modèles de régression généralisée (GLM) pour éviter la colinéarité.

Effet de l'augmentation de l'albumine et des polynucléaires éosinophiles sur la réussite à la 1^{ère} saillie

La chance de réussite de la 1^{ère} saillie a été faible de 48% pour chaque 1 mmol/l de l'albumine (OR=0.52, P=0.01) **dans le modèle uni-varie** alors que cette chance a été élevée de 1.5 fois pour chaque 1 mmol/l de l'albumine (OR=2.43, p=0.02) **dans le modèle multi-varie**.

Nos résultats sont similaires à ceux rapportés par Françoise Jauzein, INPR Lyon, 2004 qui indique que l'augmentation du taux l'albumine influence la survie et la sélection des spermatozoïdes par son rôle essentiel dans l'enlèvement du cholestérol libre et le remaniement de chaînes oligo saccharidiques de protéines intramembranaires du spermatozoïde, par différentes sécrétions des voies génitales femelles, et par conséquence l'activation de la réaction acrosomique du spermatozoïde.

La chance de réussite de la 1^{ère} saillie a été **plus faible de 48%** pour chaque **augmentation** d'une unité de **Polynucleaire éosinophile (OR=0.52, p=0.04)** dans le modèle multi-varie.

On remarque qu'il existe une corrélation négative entre le taux des polynucléaires éosinophiles et la réussite à la 01^{ère} saillie ce qui est similaire aux résultats de H. Amory, 2006, de l'université de Liège qui rapporte que toute augmentation des éosinophiles peut être due soit à un Parasitisme interne, Habronémose cutanée, Réaction d'hypersensibilité systémique, Lymphosarcome, Leucémie éosinophilique.

Donc l'état de santé des juments détermine la réussite à la 01^{ère} saillie.

Les paramètres sanguins influençant la croissance folliculaire (régression linéaire généralisée).

Nous avons enregistré un effet significatif positif du sodium et négatif des leucocytes sur la croissance folliculaire ($p=0.028$ et 0.013 respectivement), aussi, Il ya eu une interaction variable* temps (quelque soit le jour, effet significatif positif du sodium et négatif des leucocytes) sur la croissance folliculaire ($p=0.002$ et 0.001 respectivement).

Nos résultats sont similaires à ceux citées par Amory (2016) qui rapporte que le taux sérique de Na^+ dépend plus étroitement de la balance hydrique.

Fettman (2004) a indiqué que le sodium est cofacteur de nombreuses réactions métaboliques activatrices de la décharge hormonale, ce qui permet une meilleure fonctionnalité du système hypothalamo-hypophysio-gonadique et par conséquent, un effet direct sur la croissance folliculaire, ce qui est le cas dans notre étude.

Amory (2016) rapporte que l'augmentation du taux de leucocytes est un indicateur de l'existence d'un phénomène inflammatoire, infectieux, traumatique ou néoplasique.

Dans notre étude, nous avons remarqué qu'il existe une corrélation négative dans le temps entre le taux des leucocytes et la croissance folliculaire, ceci témoigne de la présence de foyers latents qui échappent à l'examen clinique.

Guintier et al (1993) ont rapporté que les retards de la croissance folliculaire peuvent être dus à des infections subcliniques.

Comportement des étalons :

D'après notre étude On remarque que l'utilisation des étalons par année n'est pas rationnelle pour tous les étalons reproducteurs disponibles.

Nos résultats indiquent que l'utilisation des étalons par année n'atteigne pas les taux de monte recommandé par ifce et les Haras Nationaux 2017 qui sont de l'ordre de 25 juments par étalon par saison cela est due en majeure partie au programme établie par l'administration du haras national de chaouchaoua.

DISCUSSION

Nos étalons étaient sollicités pour inséminer d'autres juments des particuliers en fonction de leurs demandes.

Nombre de sauts par rapport au nombre de juments :

Nous remarquons que le nombre de saut est relatif au nombre de juments programmées.

- 68% des étalons arabes utilisés durant la période d'étude avaient un index supérieur à 1.5 .
- 66% des étalons barbes utilisés durant la période d'étude avaient un index supérieur à 1.5 .

Nos résultats indiquent que l'index d'insémination des étalons est nettement supérieur à celui recommandé par les Haras Nationaux en 2015 qui indiquent que ce dernier ne doit pas dépasser 1,5.

Nous pouvons expliquer cette augmentation par l'effet de la saisonnalité. Les étalons effectuent leurs premiers sauts à un moment où l'activité sexuelle n'est pas encore reprise à 100% (saison administrative).

D'un autre côté, les facteurs intrinsèques de l'animale jouent un rôle important, nous pouvons citer :

1- Les désordres éjaculatoires qui sont dus aux nombreux facteurs (l'anéjaculation et l'oligospermie, les modifications macroscopiques de la composition de l'éjaculat, l'éjaculation prématurée) (Rousset, 2009).

2- La subfertilité qui peut être rencontrée chez certaines juments.

Taux de réussite des étalons par année

Le taux de réussite chez les étalons est nettement inférieur à celui cité par Margat, Doligez, Ifce, 2017. Qui indique que le taux de réussite par année doit être supérieur ou égale à 90%. Cette diminution peut être liée aux conditions d'élevage et au type de monte.

Taux de Fertilité par chaleur :

Nos résultats indiquent que :

- 81% des étalons arabes ont une fertilité par chaleur comprise entre 21% et 50%. Et 09% des étalons ont une fertilité entre 66% et 100%.
- 83% des étalons barbes ont une fertilité comprise entre 21 et 50 % et seulement 7% des étalons ont une fertilité entre 66.66 et 100%.

Nos résultats sont proches à ceux citer par. S. Deleuze, en 2011 qui rapport un taux de fertilité par chaleur qui varie entre 44% et 55%, et sont nettement inferieur a ceux citer par A.Margat,et Videment,Ifce 2017 qui indique que la fertilité par chaleur doit être avoisinante ou supérieure de 60%.

La « fertilité par chaleur » (chances d’avoir une gestation à chaque cycle) normale pour la monte en main est de 55 %. Les étalons pure sang arabes ont une bonne fertilité par chaleur par rapport aux étalons barbes cela peut s’expliquer par la qualité des performances génétiques de l’espèce. Haras nationaux, 2014.

Le meilleur indicateur de la fertilité d’un étalon est le calcul de la fertilité par chaleur : elle représente le pourcentage de chances que l’étalon possède pour féconder une jument à chaque cycle utilisé.

Deleuze et all ; 2014 explique que dans le cas où l’on utilise du sperme subfécond la répétition des IA ou saillies augmente la fertilité par chaleur

Taux de fertilité par saison :

Nos résultats indiquent que :

- 72% des étalons Arabes ont une fertilité par saison comprise entre 15 % et 66% et seulement 4.54% ont une fertilité comprise entre 66 et 100%.
- 75% des étalons Barbes ont une fertilité par saison comprise entre 15 % et 66% et seulement 16% ont une fertilité comprise entre 66 et 100%.

DISCUSSION

Nos résultats sont nettement inférieurs à ceux cités par A. Margat, et Videment, Ifce 2017 et Haras nationaux, Insémination artificielle équine, guide pratique (2004), 321 p. qui rapportent un taux moyen qui varie entre 70 et 90% et 80% respectivement.

Cette diminution peut être expliquée par le mauvais plan de saillie établie par la jumentrie, Les Haras nationaux ; 2014, indiquent que **La fertilité fin de saison est un indicateur de la qualité du suivi des juments.**

Le calcul de la fertilité fin de saison nécessite au moins 10 juments renseignées et moins de 30% de juments sans renseignement (JSR).

1. Un étalon peut avoir une fertilité par chaleur correcte et une mauvaise fertilité fin de saison. Par exemple : un étalon a une fertilité par chaleur de 50%. Toutes ses juments ne sont saillies que sur 1 chaleur. La fertilité fin de saison est donc de 50 %.
2. Un étalon peut avoir une mauvaise fertilité par chaleur mais une fertilité fin de saison correcte. Par exemple : un étalon a une fertilité par chaleur de 33%. Les juments sont suivies correctement. Au bout de 4 cycles exploités par jument vide, sa fertilité fin de saison théorique est de 79%. A. Margat, et Videment, Ifce 2017.

Les paramètres Spermatiques :

Effet de l'âge et de la race sur le nombre sauts.

D'après nos résultats aucun effet ni de la race $p=0.94$ ni de l'âge $p=0.36$ sur le nombre de sauts nos résultats sont similaires à tous les travaux cités par S. Deuleuze .2011, Videment, Ifce 2017 qui indique que plus la date de 1er saut est retardée plus la fertilité apparente est diminuée (le nombre de chaleurs exploitées diminue).

1. Temps de récolte :

Un effet significatif de l'âge ($p=0.031$) sur le temps de la récolte de la semence. Aucun effet de la race sur le temps de récolte des étalons ($p=0.15$).

Nos résultats sont similaires à ceux cités par A. Najjar, et all. 2009 qui rapporte que les étalons jeunes ont un temps de récolte inférieur à celui des étalons les plus vieux.

DISCUSSION

On peut expliquer cet effet par le fait que plus l'étalon est jeune son métabolisme basale est plus accéléré par rapport à un étalon plus âgé. CLEMENT, 1995, dans son étude sur la caractérisation de la **fonction spermatique** de l'étalon (quantité de semence et surtout qualité fonctionnelle des spermatozoïdes indique que le temps de récolte est sous control hormonal qui est lui-même sous contrôle de l'alimentation et surtout de la biodisponibilité nutritionnelle.

Volume totale :

Aucun effet ni de race ($p=0.57$) ni de l'âge ($p=0.4$) de l'étalon sur le volume totale récolté.

J. Ponthier 2014 ; Il est difficile de définir une norme pour le volume de l'éjaculat d'un étalon. En effet, l'excitation prolongée va augmenter la sécrétion des glandes annexes et donc le volume. Notre expérience montre qu'un étalon habitué à la récolte et éjaculant rapidement après son entrée en salle de monte aura un volume d'éjaculat de 40 à 77.7 ml tandis qu'un étalon s'étant excité longuement avant de saillir aura un volume d'éjaculat de 80 à 120 ml. De plus, il existe des variations individuelles et saisonnières dans le volume de l'éjaculat.

La fraction gel de l'éjaculat est produite par les vésicules séminales (Brinsko SP, Blanchard TL, Varner DD, Schumacher J, Love CC, Hinrichs K, Hartman D. Manual of Equine Reproduction, Third Edition edition. Maryland Heights: Mosby Elsevier, 2011; 323 cité par J.Ponthier 2014.). Elle devra être filtrée à l'aide de compresses ou de filtres commerciaux (Amann RP. Equine Reproduction, 1 edition. 1993, Brinsko SP, Blanchard TL, Varner DD, Schumacher J, Love CC, Hinrichs K, Hartman D. Manual of Equine Reproduction, 2011;323. Evenson D, Jost L. 2000. Afin d'avoir du sperme utilisable en solution. Cette production de gel est dépendante de facteurs individuels, raciaux et saisonniers.

3. Motilité :

Le tableau nous montre que la motilité est élevé de une fois et demi ($OR=2.42$; $95\% IC=0,98-6.01$; $p=0.049$) chez les étalons âgés moins de 9 ans par rapport les étalons âgés plus ou égale de 9 ans. Cependant, la race n'a aucun effet sur la motilité des spermatozoïdes ($p=0.58$).

DISCUSSION

Cependant nos résultats sont similaires à ceux cités par A.Najjar 2009 dans une étude avec les Haras nationaux qui indique que les pourcentages de mobilité chez les étalons les plus jeunes sont plus élevés par rapport aux étalons âgés $P = 0.0001$. Love et al 2003 indique qu'au fur et à mesure que l'étalon avance en âge le pourcentage des spermatozoïdes diminue.

Les travaux dirigés Par S. deuleuze et cités par J.Ponthier indiquent que La mobilité a longtemps été déterminée par examen de goutte épaisse sous le microscope. L'examineur déterminait le pourcentage de spermatozoïdes mobiles et de spermatozoïdes avançant en ligne droite, dénommés progressifs, de manière subjective. Pour réaliser un examen au microscope, il doit être équipé d'une plaque chauffante pour maintenir la lame à 37°C . La concentration doit être faible (20 à $30 \times 10^6 \text{spz/ml}$) et identique entre les différents éjaculats. L'utilisation de concentrations basses et semblables permet à l'œil de déterminer la mobilité de chaque spermatozoïde et évite d'influencer les résultats de mobilité. En effet, l'œil humain est naturellement attiré par la concentration, ce qui influencera positivement les résultats de mobilité si la concentration est plus élevée. L'examen par goutte épaisse au microscope ne permet que de donner une estimation à 5% de la mobilité et pour un même opérateur, la différence interpersonnelle étant parfois élevée.

1. Concentration :

Un effet significatif de la race ($p=0.041$) sur la concentration des spermatozoïdes, Aucun effet de l'âge n'a été enregistré sur la concentration de la semence des étalons.

La race arabe a présenté une concentration meilleure par rapport à celle du barbe cette différence peut être liée à la génétique des races pures par rapport aux autres races.

Ponthier et al 2014 explique que Il est très difficile de définir une norme pour la concentration en spermatozoïdes dans le sperme d'étalon : plus l'excitation est longue et plus les glandes annexes vont produire de plasma séminal, en diminuant mathématiquement la concentration (Amann RP. Equine Reproduction, 1^{ed}ition. 1993, Brinsko SP, Blanchard TL, Varner DD, Schumacher J, Love CC, Hinrichs K, Hartman D. Manual of Equine Reproduction, 2011;323. Evenson D, Jost L. 2000).

Dans notre étude, chez les étalons arabes montant sur la jument sans excitation préalable, des concentrations supérieures à $100 \times 10^6 \text{spz/ml}$ vont être observées. Chez des

DISCUSSION

étalons Barbes étant stimulés longuement avant la saillie, et montant plusieurs fois sur le mannequin avant d'éjaculer, des concentrations inférieures à 80×10^6 spz/ml peuvent être observées. La concentration en spermatozoïdes est diminuée en hiver (Janett F, Thun R, Niederer K, Burger D, Hassig M. 2003).

De plus, lors de récoltes répétées dans des conditions identiques, un effet individuel est souvent observé, la concentration et le volume se stabilisant.

Effets des paramètres spermatiques sur le taux de réussite de l'insémination des étalons :

La régression linéaire généralisée du modèle multivarié où nous avons introduit toutes les variables nous a révélé un effet significatif de la race des étalons sur le taux de réussite de l'insémination artificielle. De ce fait, la chance de réussite de la monte en main a été plus élevée de 6 fois chez la race Arabe par rapport la race barbe (OR=6.82, IC 95%= 1.07-43.23, p=0.042).

Nos résultats sont similaires à ceux cités par Langlois (1977), cité par Chevalier (1980) qui rapporte un taux de fertilité de 55 % en monte en main. En Bretagne, en fin de saison le taux de fertilité était de 70 à 80 % de 1983 à 1985, et de 41 % par chaleur (Fauquenot, 1987).

Magistrini (1990) ont signalé que pour les inséminations des haras nationaux en 1989, une fertilité de 82 % en fin de saison et 43 % par cycle pour les étalons de sang, ils ont signalé aussi une fertilité de 77 % en fin de saison et 42 % par cycle pour les étalons lourds.

Ceci peut être dû à de nombreux facteurs tels que la génétique du pur sang ainsi que les caractéristiques morpho métriques des étalons arabes qui peuvent être des facteurs limitant de la qualité de la monte en main.

Pickett et al, en 1993, ont indiqué, que pour saillir, le dos et les membres postérieurs vont devoir fournir un effort important. Les pathologies ostéo-articulaires peuvent donc limiter l'instinct de saillie de l'étalon. D'autre part, le stress ou l'agressivité lors de la saillie ou de la récolte de sperme peuvent aussi devenir des facteurs limitants.

CONCLUSION

Conclusion

Notre travail réalisé au niveau du Haras National de Chaouchaoua de Tiaret, il nous a permis d'apporter plusieurs renseignements sur la fertilité chez le cheval notamment le Pur-sang Arabe et le Barbe :

Concernant la gestion de la reproduction de nos animaux, la présente étude nous a montré que le retour en chaleur est plus précoce chez les juments Barbes par rapport aux juments arabes.

Un effet significatif de la race a été enregistré sur le nombre de cycle ; en effet les juments arabes, comparées aux juments arabes, ont nécessité un nombre de cycles plus au moins élevé pour parvenir à une gestation.

Nous avons aussi constaté un effet très significatif de la race sur la croissance folliculaire, celle-ci est plus rapide chez les juments barbes par rapport aux juments arabes.

De même, un effet très significatif de la race sur l'intervalle poulinage–conception a été enregistré; cependant les juments arabes ont eu une capacité de concevoir meilleur que les juments barbes.

Concernant le comportement des étalons, nous avons remarqué que l'utilisation des étalons par année n'a pas été rationnelle pour tous les étalons reproducteurs disponibles.

Nos résultats indiquent que l'utilisation des étalons par année n'atteint pas les taux de monte recommandé, cependant l'index d'insémination des étalons est nettement supérieur à celui indiqué dans la littérature : plus de 80 % de nos étalons présente une fertilité par chaleur inférieure à 55 %, par contre plus de 71% de nos étalons présente une fertilité par saison inférieure à 66%. Il est clair que les étalons reproducteurs varient considérablement dans leur fertilité par cycle et que certains atteignent des taux de réussite importants par chaleur et par saison.

Les valeurs en biochimie sérique et en hématologie obtenues chez les 20 juments de notre étude sont du même ordre de grandeur que celles obtenues dans des études antérieures sur des chevaux de même race, ainsi que chez le cheval en général.

Une corrélation positive a été enregistrée entre le taux d'albuminémie et la chance de réussite à la lèresaillie, et une corrélation négative entre le taux des polynucléaires

Conclusion

éosinophiles et la chance de réussite à la 1ère saillie. Certaines de nos juments ont présenté une infertilité inapparente à l'examen clinique.

Un effet significatif positif du sodium et négatif des leucocytes a été enregistré sur la croissance folliculaire ($p=0.028$ et 0.013 respectivement), aussi, Il y a eu une interaction variable* temps (quelque soit le jour, effet significatif positif du sodium et négatif des leucocytes) sur la croissance folliculaire ($p=0.002$ et 0.001 respectivement).

Une corrélation négative dans le temps entre le taux des leucocytes et la croissance folliculaire a été enregistrée ce qui témoigne la présence des foyers latent qui échappent lors de l'examen clinique.

Pour ce qui est des analyses spermatiques, la collecte du sperme en utilisant un vagin artificiel s'est avéré très efficace.

L'évaluation du sperme est la plus importante étape dans l'établissement de la fertilité de l'étalon.

Au cours de notre expérimentation, nous avons enregistré un effet significatif de l'âge sur le temps de la récolte et la motilité des spermatozoïdes.

Aucun effet, ni de race, ni de l'âge de l'étalon sur le volume total récolté n'a été enregistré.

L'évaluation de la qualité des étalons reproducteurs doit être faite durant chaque année, avant chaque saison de reproduction afin d'établir le nombre de juments à préparer pour la saillie.

Un effet significatif de la race sur la concentration des spermatozoïdes et sur le taux de réussite de la monte en main a été enregistré, de ce fait, la chance de réussite de la monte en main a été plus élevée de 6 fois chez la race Arabe par rapport la race barbe.

La monte en main est la meilleure technique de reproduction indiquée chez les purs sangs arabes.

La comparaison entre les deux races de juments étudiées nous a montré que les taux sériques du potassium, de l'urée, de la GGT, de l'Albumine et du cortisol variaient d'une façon significative d'une race à une autre.

Conclusion

Les juments arabes ont présenté des valeurs en biochimie sérique nettement supérieures par rapport aux juments barbes ; c'est une race à sang chaud.

Les juments arabes ont présenté des valeurs en hématologie très stable par rapport aux juments barbes ; un effet significatif de la race sur les paramètres hématologiques hématicrite, VGM, CCMH, leucocytes, polyéosinophiles, polybasophiles, lymphocytes et plaquettes a été enregistré.

Aussi, à travers cette étude, nous avons constaté que les chevaux nés et élevés en Algérie sont dotés d'un haut potentiel reproductif et même comportemental, ceci nous fait penser qu'en cas d'une bonne gestion générale de la reproduction (planification des étalons, suivie des juments, introduction des techniques modernes de reproduction assistée), nous pouvons mieux organiser et rentabiliser nos élevages équin.

Il convient d'approfondir les recherches liées aux troubles de la reproduction par utilisation des tests immunologiques, microbiologiques, cytologiques et génétiques.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie

A. Margat, P. Doligez, **Ifce** Mise à jour : Août 2017 <https://www.haras-nationaux.fr>.

A. Najjar, évaluation de la qualité des spermatozoïdes d'étalon pur sang arabe congelées dans le milieu INRA 96 supplémenté de jaune d'œuf et du glycérol 2009 .

Amann RP, Graham JK. Spermatozoal function. In: McKinnon AO, Voss JL (eds), Equine Reproduction. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993;715-745.

Amann RP. Physiology and endocrinology. In: McKinnon A.O. VJL (ed), Equine Reproduction, 1 edition. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993;658-685.

Amelie .C et Valdieu .2015.

Andrewartha KA , Caple IW (1980). Effects of changes in nutritional copper on erythrocyte superoxide dismutase in sheep. Res. Vet.. Sci. **28**, 101-104.

Aziz N, Saleh RA, Sharma RK, Lewis-Jones I, Esfandiari N, Thomas AJ, Jr., Agarwal A. Novel association between sperm reactive oxygen species production, sperm morphological defects, and the sperm deformity index. Fertil Steril 2004; 81: 349-354.

Baumber J, Ball BA, Linfor JJ, Meyers SA. Reactive oxygen species and cryopreservation promote DNA fragmentation in equine spermatozoa. J Androl 2003;24: 621-628.

Baumber J, Vo A, Sabeur K, Ball BA. Generation of reactive oxygen species by equine neutrophils and their effect on motility of equine spermatozoa. Theriogenology 2002;57: 1025-1033.

Beilstein MA, Whanger PD (1983). Distribution of selenium and glutathione peroxidase in blood fractions from Humans, rhesus and squirrel monkeys, rats and sheep. J. Nutr. **113**, 2138-2146.

Biochimie de Harper, 25^{ème} édition, Murray, Granner, Mayes, Rodwell.

Bjorndahl L, Soderlund I, Johansson S, Mohammadi M, Pourian MR, Kvist U. Why the WHO recommendations for eosin-nigrosin staining techniques for human sperm vitality assessment must change. J Androl 2004;25: 671-678.

Braun JP, Lefebvre HP (2008). Kidney Function and Damage. In : Kaneko, Harvey, Bruss, editors. Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 6th ed. San Diego, Academic Press, 485-528.

Références bibliographiques

Brinsko SP, Blanchard TL, Varner DD, Schumacher J, Love CC, Hinrichs K, Hartman D. Manual of Equine Reproduction, Third Edition edition. Maryland Heights: Mosby Elsevier, 2011;323.

Burlikowska K, Bogusławska-Tryk M, Szymeczko R, Piotrowska A. Haematological and biochemical blood parameters in horses used for sport and recreation 2015 - Journal of Central European Agriculture.

Carlson GP (2009). Clinical chemistry tests. In : Smith, editor. Large animal internal medicine. 4th ed. Missouri, Mosby Elsevier, 375-397.

Carlson GP, Bruss M (2008). Fluid, Electrolyte, and Acid-Base Balance. In : Kaneko, Harvey, Bruss, editors. Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 6th ed. San Diego, Academic Press, 529-559.

Cebulj-Kadunc N, Bozic M, Kosec M, Cestnik V: The influence of age and gender on haematological parameter in Lippizan horses. J Vet Med A. 2002;49:217-221.

Cornell University. Cornell University College of Veterinary Medicine [en ligne]. Available:<https://ahdc.vet.cornell.edu/sects/clinpath/reference/chem.cfm> [Consulté le 24 juin 2015]

Desjardins I, Cadoré JL. Analyses sanguines équinnes. I – Hématologie: Approche Clinique. Pratique Vétérinaire Equine. 2006;38(151):9- 22.

Desjardins I, Cadoré JL. Analyses sanguines équinnes. II – Biochimie. Pratique Vétérinaire Equine. 2006; 38(152):7-16. Burlikowska, et al. Journal of Central European Agriculture. 2015;16(4):370-382.

ECKERSALL P.D. Proteins, Proteomics, and the Dysproteinemias. In: KANEKO J.J., HARVEY J.W., BRUSS M.L., (dir.) (2008). Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 6th edition. Burlington, MA, USA: Academic Press Elsevier, pp. 117-155. Tennant et Center, 2008; Hornbuckle et al., 2008).

Eckersall PD. Proteins Proteomics and the Dysproteinemias. In Kaneko, J.J., Harvey, J.W. and Bruss, M.L., Eds., Clinical Biochemistry of Domestic Animals, 6th Edition, Academic Press, San Diego. 2008; 117-155.

Evenson D, Jost L. Sperm chromatin structure assay is useful for fertility assessment. Methods Cell Sci 2000;22: 169-189.

Références bibliographiques

Ferreira LF, Reid MB (2008). Acute exercise and oxydative stress : a 30 year history. *Dyn. Med.* **8**, 1.

Finco DR, Groves C (1985). Mechanism of renal excretion of creatinine by the pony, *Am. J. Vet. Res.* **46**, 1625-1628.

Gonzalez O, Gonzalez E, Sanchez C, Pinto J, Gonzalez I, Enriquez O, Martinez R, Filgueira G, White A. Effects of exercise on erythrocyte beta adrenergic receptors and plasma concentrations of catecholamines and thyroid hormones in Thoroughbred horses. *Equine Vet J* 1998, 30: 72-78.

GRONDIN T.M., DEWITT S.F. Normal Hematology of the Horse and Donkey.

Grondin TM, Dewitt SF. Normal hematology of the horse and donkey. In: Schalm's Veterinary Hematology, 6th Edn; 2010.

Haras Nationaux 2017 <https://www.haras-nationaux.fr>.

Harvey RB, Hambright MB, Rowe LD. Clinical, biochemical and hematologic values of the American miniature horse: Reference values. *Am J Vet Res.* 1984;45:97-101.

Hoffmann WE, Solter PF (2008). Diagnostic Enzymology of Domestic Animals. In : Kaneko, Harvey, Bruss, editors. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 6th ed. San Diego, Academic Press, 351-378.

Hoogewijs M, De Vlieghe S, De Schauwer C, Govaere J, Smits K, Hoflack G, de Kruif A, Van Soom A. Validation and usefulness of the Sperm Quality Analyzer V equine for equine semen analysis. *Theriogenology* 2011;75: 189-194.

Hornbuckle WE, Simpson KW, Tennant BC (2008). Gastrointestinal Function. In : Kaneko, Harvey, Bruss, editors. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 6th ed. San Diego, Academic Press, 413-457.

Illera JC, Silvan G, Munro CJ, Lorenzo PL, Illera MJ, Liu IK, Illera M. Amplified androstenedione enzymeimmunoassay for the diagnosis of cryptorchidism in the male horse: comparison with testosterone and estrone sulphate methods. *J Steroid Biochem Mol Biol* 2003;84: 377-382.

In: WEISS D.J., WARDROP K.J. (dir.) (2010). *Schalm's Veterinary Hematology*. Ames, Iowa, USA: Wiley Blackwell, pp. 821-828. Cordonnier et Fontaine, 2005.

Références bibliographiques

Jagric MS, Nemec SA, Zrimšek P, Kramaric P, Kos Kadunc V, Vovk T, Kobal S. Plasma malondialdehyde, biochemical and haematological parameters in standardbred horses during a selected field exercise test, *Acta Vet-Beograd*. 2012;62:53-65.

Janett F, Thun R, Niederer K, Burger D, Hassig M. Seasonal changes in semen quality and freezability in the Warmblood stallion. *Theriogenology* 2003;60: 453-461.

Johansson CS, Matsson FC, Lehn-Jensen H, Nielsen JM, Petersen MM. Equine spermatozoa viability comparing the NucleoCounter SP-100 and the eosin-nigrosin stain. *Anim Reprod Sci* 2008;107: 325-326.

Johnson RM, Goyette GJr, Ravindranath Y, Ho YS (2005). Hemoglobin autoxidation and regulation of endogenous H₂O₂ levels in erythrocytes. *Free Radic. Biol. Med.* **39**, 1407-1417.

Kaneko, Harvey, Bruss, editors. Clinical Biochemistry of Domestic Animals, 6th ed.

Kastner SBR, Feige K, Weishaupt MA, Auer JA. Heart rate and hematological responses of Quarter horses to a reining competition. *J Equine Vet Sci*. 1999;19:127-131.

Kedzierski W, Bergero D, Assenza A. Trends of hematological and biochemical values in the blood of young race horses during standardized field exercise tests, *Acta Vet-Beograd*. 2009;59:457-466.

Lassen ED, Swardson CJ. Hematology and hemostasis in the horse: Normal functions and common abnormalities. *Vet Clin N Am-Equine*. 1995;11:351-389.

Latimer KS et Rakich PM (1992). Peripheral Blood Smears . In : Cowell, Tyler, editors. *Cytology and Hematology of the Horse*. 1st ed. Goleta, California, American Veterinary Publications, 191-207.

Lauš S, Trailovic R, Đokovic S, Lazarevic M, Trailovic D. Comparative analysis of some serum proteins and immunoglobulin G concentration in the blood of Yugoslav Trotter mares and newborn foals, *Acta Vet-Beograd*. 2012;62:569-578.

Mayes (2002). Oxydation biologique. In : Murray, Granner, Rodwell, Mayes, editors. *Biochimie de Harper*. 25th ed. Bruxelles, De Boeck Université, 130-136.

McConaghy FF, Hodgson DR, Evans DL, et Rose RJ (1995). Equine sweat composition : effects of adrenaline infusion, exercise and training. *Eq. Vet. J. Suppl.* **20**, 158-164.

McDonnell SM. Oral imipramine and intravenous xylazine for pharmacologically-induced ex

Références bibliographiques

copula ejaculation in stallions. *Anim Reprod Sci* 2001;68: 153-159.

Morrell JM. Update on semen technologies for animal breeding. *Reprod Domest Anim* 2006;41: 63-67.

Murray (2002d). Muscle et cytosquelette. In : Murray, Granner, Rodwell, Mayes, editors. *Biochimie de Harper*. 25th ed. Bruxelles, De Boeck Université, 715-736.

Murray RK (2002a) Erythrocytes et leucocytes. In : Murray, Granner, Rodwell, Mayes, editors. *Biochimie de Harper*. 25th ed. Bruxelles, De Boeck Université, 763-779.

Murray RK (2002b) Porphyrines et pigments biliaries. In : Murray, Granner, Rodwell, Mayes, editors. *Biochimie de Harper*. 25th ed. Bruxelles, De Boeck Université, 359-373.

Murray RK (2002c). Métabolisme des xénobiotiques. In : Murray, Granner, Rodwell, Mayes, editors. *Biochimie de Harper*. 25th ed. Bruxelles, De Boeck Université, 780-786.

Neuberg-Zuchowicz K, Geringer de Oedenberg H. Changes in hematological parameters of show jumping horses during yearly training cycle. *Medycyna Weterynaryjna*. 2011;67(11):765-769. (In Polish)

Oliveira CH, Vasconcelos AB, Souza FA, Martins-Filho OA, Silva MX, Varago FC, Lagares MA. Cholesterol addition protects membrane intactness during cryopreservation of stallion sperm. *Anim Reprod Sci* 2010;118: 194-200.

Ortega Ferrusola C, Gracia-Calvo J, Duque J, Martin-Cuervo M, Ibanez-Garcia I, Ezquerria J. Evaluation of testicular perfusion with color and pulsed Doppler ultrasonography after "standing laparoscopic peritoneal flap hernioplasty technique". *International Symposium on Stallion Reproduction VI (ISSR VI)*, Vienna, 2012;504.

Ortega-Ferrusola C, Garcia BM, Gallardo-Bolanos JM, Gonzalez-Fernandez L, Rodriguez-Martinez H, Tapia JA, Pena FJ. Apoptotic markers can be used to forecast the freezeability of stallion spermatozoa. *Anim Reprod Sci* 2009;114: 393-403.

Pickett BW. Reproductive Evaluation of the stallion. In: McKinnon A.O. VJL (ed), *Equine Reproduction*, 1 edition. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993;755-768.

Ponthier J, de la Rebiere de Pouyade G, Desvals M, Spalart M, Franck T, Serteyn D, Deleuze S. Is neutrophil elastase associated with myeloperoxidase concentration and post-thawing parameters in equine frozen semen? *Anim Reprod Sci* 2010;121S: S200-S202.

Ponthier J, Desvals M, Franck T, de la Rebiere de Pouyade G, Spalart M, Palmer E, Serteyn

Références bibliographiques

D, Deleuze S. Myeloperoxidase in equine semen: Concentration and Localization during freezing processing. *Journal of Equine Veterinary Science* 2012;32: 32-37.

PONTHIER J., VAN DEN BERGHE F., PARRILLA-HERNANDEZ S., HANZEN C., DELEUZE S. 2014 ; Congélation du sperme dans l'espèce équine : état des lieux et perspectives

Prvanovic N, Kostelic T, Novak B, Cergolj M, Grizelj J, Samardzija M, Filipovic N, Lipar M, Dobranic T. The influence of age and gender on haematological parameters in protected and endangered Murinsulaner horses. In: *Proceedings of the XVIth SIVE International Congress / Piccione, Ellena (ed). Bologna: SIVE = Societa Italiana Veterinari per Equini. 2010;30-31.*

Reagan WJ, Irizarry Rovira AR, DeNicola DB (2008a). Normal Red Blood Cell Morphology. In : *Veterinary Hematology Atlas of Common Domestic and Non-Domestic Species. 2nd ed. Ames, Iowa, Wiley Blackwell, 13-16.*

Reagan WJ, Irizarry Rovira AR, et DeNicola DB (2008b). Normal White Blood Cell Morphology. In : *Veterinary Hematology Atlas of Common Domestic and Non-Domestic Species. 2nd ed. Ames, Iowa, Wiley Blackwell, 33-46.*

Reagan WJ, Irizarry Rovira AR, et DeNicola DB (2008c). Platelets. In : *Veterinary Hematology Atlas of Common Domestic and Non-Domestic Species. 2nd ed. Ames, Iowa, Wiley Blackwell, 57-58.*

Riber C, Rubio MD, Marquez F, Pinedo M, Munoz A, Castejon F. Haematological changes observed in Andalusian horses with laminitis. *J Vet Med Sci. 1995;57:981-984.*

Rodwell VW (2002). Transformation des acides aminés en produits spécialisés. In : Murray, Granner, Rodwell, Mayes, editors. *Biochimie de Harper. 25th ed. Bruxelles, De Boeck Université, 347-358.*

ROUSSET Oriane, 2009 **APPREHENSIONS DU COMPORTEMENT DE L'ÉTALON EN MILIEU DOMESTIQUE.**

Rubio MD, Munoz A, Santisteban R, Tovar P, Castejon FM: Comparative haematological study of two breeds of foals (Andalusian and Arab) subjected to exercise of progressive intensity. *J Vet Med Sci. 1995;57:311-315.*

S. Deleuze, *GESTION DE LA JUMENT POULINIÈRE ET DE L'ÉTALON* 2011.

Senger PL. *Pathways to pregnancy and parturition, second edition. Pullman., 2005;373.*

Références bibliographiques

Smith R, Kaune H, Parodi D, Madariaga M, Rios R, Morales I, Castro A. Increased sperm DNA damage in patients with varicocele: relationship with seminal oxidative stress. *Hum Reprod* 2006;21: 986-993.

The University of Edinburgh. The University of Edinburgh Influencing the World Since 1583 [en ligne]. Available:http://www.ed.ac.uk/polopoly_fs/1.19330!/fileManager/reference%20intervals.pdf [Consulté le 24 juin 2015]

UC Davis School of Veterinary Medicine. UC Davis Veterinary Medicine. [en ligne]. Available:http://www.vetmed.ucdavis.edu/vmth/local_resources/pdfs/lab_pdfs/UC_Davis_VMTH_Chem_Reference_Intervals.pdf [Consulté le 24 juin 2015]

Varner DD. Developments in stallion semen evaluation. *Theriogenology* 2008;70: 448-462.

Vidament M. French field results (1985-2005) on factors affecting fertility of frozen stallion semen. *Anim Reprod Sci* 2005;89: 115-136.

Weiss D, Burger D, Weishaupt MA, Fakler A, Spichiger UE, Giese L, et al. (2002). Effects of a 61,7 km ride on magnesium and calcium homeostasis in well trained endurance horses. *J. of Eq. Vet. Sci.* **22**, 77-83.

Weiss DJ, Wardrop KJ (Eds). *Schalm's Veterinary Hematology*. 6TH; 2010.

Weiss L (1984). *The blood cells and hematopoietic tissues*. 2nd ed. Elsevier, New York, 573p.

Welles EG (2010). Interpretation of equine leukocytes responses. In : Weiss, Wardrop, editors. *Schalm's veterinary hematology*. 6th ed. Ames, Iowa, Wiley-Blackwell, 314-320.

White A, Handler P, Smith EL (1973). *Principles of Biochemistry*. New York, McGraw-Hill

Williams DM, Lynch RE, Lee GR, and Cartwright GE (1975). Superoxide dismutase activity in copper-deficient swine. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* **149**, 534-536.

Winnicka A. *Reference values of basic laboratory research in veterinary sciences*. 1st ed., SGGW Warszawa; 2011.

ANNEXES

COMPARISON OF BIOCHEMICAL AND HEMATOLOGICAL PARAMETERS IN TWO DIFFERENT BREEDS OF HORSES (ARABIAN AND BARBE) IN ALGERIA

**SAIM MOHAMED SAID^{1*}, BENALLOU BOUABDELLAH¹,
AYAD MOHAMED AMINE¹, BENZINEB FATIMA ZOHRA¹,
DERRAR SOFIANE¹ AND ABDELHADI SI AMEUR¹**

¹Institute of Veterinary Sciences-Tiaret, Ibn Khaldoun University, Algeria.
Email: said_pathologiste@yahoo.fr

Article Information

Reviewers:

- (1) Olaogun Sunday Charles, University of Ibadan, Nigeria.
- (2) Tchoffo Herve, University of Dschang, Cameroon.
- (3) Juan Carlos Troiano, University of Buenos Aires, Argentina.

Received: 19 September 2018

Accepted: 23 November 2018

Published: 04 December 2018

Original Research Article

ABSTRACT

Specific reference values (in range) are needed for each animal species for the appropriate interpretation of the results obtained from serum biochemical and haematological tests. The aim of this study was to determine ranges of Haematological and Biochemical parameters of pure-bred Arabian and Barbe mares to evaluate the need for defining reference values for different breed groups.

20 clinically healthy mares from one farm (Chaouchaoua HARAS-Tiaret, Algeria) were divided into two groups. Groups 1 and 2 comprised 10 Arabian Mares and 10 Barbe Mares (age from 04 to 09 years). Glucose, urea, albumin, aspartate aminotransferase (AST), Gamma Transferase (GT), Creatinine phospho kinase (CPK), Sodium (Na), Potassium (K) concentrations were measured in the blood serum samples.

Haematological profile were determined, red blood cell parameters (MCV, MCH, MCHC), number of leucocytes and the percentage of their respective platelets kinds, There were significant Breed related differences for most of the biochemical and Haematological parameters, (Potassium) $P= 0.006^*$,(urea) $P= 0.000^{***}$, (GGT), (Albumin) $P= 0.043^*$, $P= 0.041^*$, except for: AST, CPK, RBC, Hb, Fibrinogen.

The results of the present study indicate that there is variation in the values of most of the biochemical and haematological indices of Arabian and Barbe mares in Algeria, ((Haematocrit %) $P= 0.031^*$ (VCM μm^3) $P= 0.022^*$ (MCHC g/dl) $P= 0.027^*$ Leucocytes $P= 0.01^*$ (poly éosi mm^3) $P= 0.000^{***}$ (poly baso mm^3) $P= 0.037^*$ (Lympho mm^3) $P= 0.001^{**}$ (Platelets M/mm^3) $P= 0.012^*$.

The breed influences some of the resting haematological and biochemical indices in adult Mares. Barbe Mares used for reproduction have higher performances capacity and show a more beneficial adaptation for the Algerian environment compared to Pure Arabian Mares used for reproduction.

Keywords: Mares; Barbe; Arabian; haematological; biochemical.

INTRODUCTION

Hematological parameters, such as red blood cells (RBC), mean corpuscular volume (MCV), hemoglobin concentration (Hb), packed cell volume (PCV) and total and

differential white blood cell (WBC) count, as well as biochemical parameters such as different enzyme activities, mineral concentrations and other serum substrates help clinicians to evaluate the health status of horses and diagnose infectious and some

parasitic diseases, as well as to observe a recovery period. They also provide important information about the response to therapy, strength and systemic effect of disease and the metabolic state of the individual animal or herd [1]. Some of the hematological and biochemical values are of great interest in horses subjected to standardized field exercise tests [2-3]. The hematological and serum biochemical reference values of various horse breeds may differ due to genetic factors and/or various environmental factors (e.g. nutritional quality, availability of water, parasites and climate). For instance, warm blood horse breeds have a lower number of erythrocytes, lower hemoglobin, hematocrit and blood volume than warm blood horses.

Hematological data are available for several horse breeds, such as American miniature horse [4], Andalusian horse [5], Arab horse [6], Thoroughbred horse [7], Lipizzan horse [8], Quarter horse [9], Yugoslav Trotter [10], as well as for horses in general [11]. For Croatian working horse breeds, some hematological parameters are available for Murinsulaner horses [12]. However, no data on hematological and biochemical parameters have been published for the Barbe horse breeds.

The aim of this study was to determine and compare hematological and biochemical reference values for Barbe and Arabian Mares breeds remove combined in Algerian environment, as blood samples were collected prior to formal closure of their respective studbooks and all the individuals were kept together under the same conditions. Our aim was also to compare those reference values with already known reference values for other breeds of cold blood horses, warm blood horses and horses in general. We further aimed to determine any differences associated with breeds of the studied Mares.

MATERIALS AND METHODS

Animals

This study was conducted in center of Chaouchaoua (HARAS) Tiaret-Algeria. A total of 20 mares clinically healthy, pure-bred Arabian and Barbe kept by the HARAS were used to determine the effect of the Breed of the animal on the normal ranges of serum biochemical and Hematological parameters.

The farms selected were representative samples of the farms located in the Tiaret region, Algeria. The region is one of the coldest regions in Algeria with an average daily high temperature of only 23 degrees centigrade. Several months of the year it is warm to hot at temperatures continuously above 25 degrees centigrade, sometimes up to 37 degrees. Animals used for the study were served appropriate nutritional regimen and good health status achieved before the sampling.

All horses were healthy and showed no sign of abnormality during the study period. Before the start of the trial, All mares that were reproductively active and pregnant in their late gestational stage were excluded from the study.

Blood Collection

Blood samples were collected from the animals between February to March/May 2016, 15 Days post Foaling and these were handled with care to minimize stress-induced effects. To reduce circadian variations, all samples were collected between 8:00 AM and 10:00 AM, before the animals were fed. The animals were fed twice a day with hay and oats. They did not receive any mineral supplements in their diet. Drinking water was given ad libitum. None of the animals performed physical

exercise before blood samples were collected. All samples were collected through the jugular vein using 18/19 gauge needle of each animal into venipuncture (Improvacuter®, evacuated blood collection tube for in vitro diagnostic use) anticoagulant used should contain one not lithium, citrate and EDTA. Blood sample bottle should be used to collect whole blood for haematological . The serum was separated by centrifugation at 3.500 rpm for 15 minutes and the aliquots were kept in 4°C and transported to laboratory for analysis.

Biochemical and Haematological Analyses

Biochemical parameters

Concentrations of serum Glucose, blood urea nitrogen (BUN), albumin, aspartate aminotransferase (AST), Gamma Transferase (GT), Creatinine phospho kinase (CPK), Sodium (Na), Potassium (K) were measured by commercial kits (Biolabo SA, France) using a biochemical autoanalyser (AIRONE 200, Medisis Medical Systems Ltd., Italy), known to be appropriate for veterinary use.

Haematological parameters

Haematological indices were established by the use of haematology analyser (Automatic) with the use of the haematology analyser ADVIA 2120 (Siemens AG, Munich, Germany): red blood cell count (RBC), haematocrit (HCT), haemoglobin concentration (HGB), mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular haemoglobin (MCH), mean corpuscular haemoglobin concentration (MCHC), number of platelets (PLT), white blood cell count (WBC) and the percentage of particular kinds of WBC in the total number of leucocytes.

Statistical Analysis

Statistical analysis of the data were performed using the SYSTAT 12 © (SYSTAT 12 © Copyright 2007) software. The results obtained were verified using ANOVA and Student's t-test for independent samples and the level of significance was set at $P < 0.05$. The presented results are expressed as mean and standard error of the mean (SEM, calculated from the standard deviation, using the formula $SD = SE \cdot \sqrt{n}$, n being the size of the workforce per lot).

RESULTS

Tables 1, 2 and present the mean values of some biochemical and Haematological parameters levels in pure-bred Arabian and Barbe mares according to Breeds. Significant variations were observed in the values of, Albumin, GGT, Leucocytes, Ht, MGV (mean corpuscular volume), MCHC, Platelets, Basophils ($P < 0.05$), K, BUN, Neutrophils, Eosinophils, Lymphocytes and cortisol ($P < .001$) among the two different breeds. Mean serum concentrations, and mean serum activities of AST, Na, glucose, CPK, RBC, HB, Monocytes and Fibrinogen did not differ significantly among the different breeds groups ($P > 0.05$).

DISCUSSION

Haematological Parameters

The haematological parameters constitute the first blood indices applied for the assessment of horse health, performance and a training degree [13], Majority of haematological indices determined in the present study were within the normal range of reference values specified for horses cited by (laboratory Vet

Agro Sup (Lyon), [14,15,16], which proves good health and proper condition of the tested animals. The values of RBC count, HCT value and Hb concentration determined in the current experiment for pure Arabian breed and Barbe were close to those obtained in earlier studies with no significant differences between breeds.

Table 1. Serum biochemical metabolites concentration (mean ± SEM) between Arabian and barbe breed mares in postpartum

Serum biochemical metabolites	Mares bred		P value
	Barbe (n=10)	Pure Arabian breed (n=10)	
Sodium mmol/l	138.200±0.742	139.800±0.593	0.109 NS
Potassium mmol/l	3.688±0.115	3.827±0.074	0.006*
Glucose g/l	0.810±0.015	0.799±0.016	0.622 NS
Urea g/l	0.233±0.013	0.270±0.009	0.000***
AST U/l	180.300±11.031	180.300±10.527	0.251 NS
CPK U/l	176.900±14.797	175.900±10.918	0.957 NS
GGT U/l	16.200±1.511	12.300±0.967	0.043*
Albumine g/l	28.300±0.473	29.500±0.477	0.041*
Cortisol nmol/l	148.742±8.717	192.230±25.720	0.004 **

NS: not statistically significant, AST: aspartate aminotransferase, CPK: -creatin Phosphokinase, GGT : Gamma Glutamyl Transferase, * P= 0.05, *** P< 0.001

Table 2. Serum haematological metabolites concentration (mean ± SEM) between Arabian and barbe breed mares in postpartum

Serum hematological metabolites	Mares bred		P value
	Barbe (n=10)	Pure Arabian breed (n=10)	
Red Blood Cells M/mm ³	7.453 ± 0.162	7.511± 0.174	0.07 NS
Haemoglobin g/dl	13.520 ± 0.263	13.550 ± 0.286	0.072 NS
Haematocrit %	34.940 ± 0.657	36.240 ±1.172	0.031 *
VCM um ³	46.800 ± 1.031	48.400 ± 0.897	0.022 *
MCH pg	18.170 ± 0.146	17.990 ± 0.196	0.376 NS
MCHC g/dl	38.690 ± 0.738	36.240 ± 0.196	0.027 *
Leucocytes	8.100 ± 0.407	7.400 ± 0.400	0.01 *
poly éosi mm ³	123.35±1.470	164.820 ±2.457	0.000***
poly baso mm ³	246.38±0.873	190.560±0.677	0.037 *
Lympho mm ³	4 290.700±2.622	3 003.78±1.992	0.001 **
Mono mm ³	1 084.640±3.273	1 324.30±4.377	0.073 NS
Platelets M/mm ³	187.100±7.418	156 700.00±6.321	0.012 *
Fibrinogen g/l	1.849±0.068	1.717±0.106	0.069 NS

NS: not statistically significant, MCV-mean corpuscular volume, MCH-mean corpuscular haemoglobin, MCHC-mean corpuscular haemoglobin concentration, * P= 0.05, ** P< 0.01, *** P< 0.001

Red blood cell parameters (MCV, MCH, MCHC) indicate efficiency of hemoglobin synthesis and its oxygen transport capacity. Grondin and Dewitt [17] (MCV, MCHC) revealed a significant difference between the two breeds with a p Value = 0.02, the highest value of which was recorded among Pure Arabian mares. The statistical analysis revealed a non significant difference between these with a p. Value = 0.37 of which the greatest value is recorded in Barbes mares.

The present study show significant differences in the resting WBC count and their kinds between pure Arabian mares and Barbe. All our results are included in the ranges of the usual values quoted by the laboratory Vet Agro Sup (Lyon) and definitely higher than those quoted by [18].

PLT count in both groups of animals was similar to the reference values given by Vet Agro Sup (Lyon) and definitely higher than those quoted by [18]. The fibrin that occurs during the second phase of haemostasis, comes from the cleavage of fibrinogen by thrombin. In addition, fibrinogen also plays a role in the inflammation. It is part of the proteins of the acute phase of inflammation, because by generating fibrin, it can "sequester" lesions and initiate healing processes [19].

The statistical analysis revealed a non significant difference between these with a P = 0.069, the highest value of which is recorded in Barbes mares. The fibrinogenemia recorded in our mares is similar to usual values quoted by the laboratory Vet Agro Sup (Lyon) [14,15,16].

Biochemical Parameters

Serum urea and creatinine concentrations are common indices reflecting protein metabolism and efficiency

of renal functions. Moreover, creatinine is a breakdown product of muscular creatine phosphate and its level depends directly on muscle mass and its activity.

Sodium is the main cation of the extracellular compartment. It is primarily responsible for the majority of fluid exchanges across epithelial barriers. Other physiological roles of sodium are: co-factor for many metabolic reactions, co-transporter of organic molecules and diffusion of action potentials in the nervous system.

The recorded serum sodium levels in the study subjects are among the usual values and are similar to the usual reference values as reported by Vet Agro Sup (Lyon) [20,14,15] and slightly higher than those cited by [18].

Values of potassium as observed in this present study indicated 3.68 ± 0.115 in Barbes mares and 3.82 ± 0.7 in pure Arabian mares.

The statistical analysis revealed a very significant difference between the latter with a P = 0.006, the highest values of which are recorded in Ps-Arab mares.

The serum potassium recorded in the subjects in our study is one of the usual values and is similar to those cited by Vet Agro Sup Laboratory (Lyon) [20,21,14,18] and [19].

Glucose and lipid metabolism indices reflect energy economy and its fluctuations in a living organism. The resting level of blood glucose is fairly stable and it generally ranges from 3.1 to 6.2 mmol*l [22].

In our experiment, the blood glucose levels recorded are among the usual values

and are similar to those cited by Vet Agro Sup (Lyon) [20,14-18].

Albumins are the major (48-76% of TP) and the most osmotically active protein fraction of a horse serum [22], Albumin is a negative protein of the acute phase of inflammation. That is, in case of inflammation, pro-inflammatory cytokines induce a decrease in albumin synthesis, so hypoalbuminemia may be present. It is uncommon in horses (about twenty percent of cases) [1].

Our values recorded in the two breeds studied, barbes and pure Arabian mares are of the order of 28.30 ± 0.473 g / L and 29.50 ± 0.477 g / L respectively. The statistical analysis revealed a significant difference between the latter with a $P = 0.041$, the highest value of which is recorded among Pure breed Arabian mares.

Albuminemia recorded in our mares is one of the usual values and is similar to those cited by Vet Agro Sup (Lyon) [20,14-18].

AST is an enzyme induced, found in high concentration in the liver and in the muscles (heart and skeletal) of all species, it is a non-specific enzyme that needs to be analyzed in combination with other variables [1]. A significant increase in activity may be due to liver or muscle pain, or hemolysis because erythrocytes contain AST.

In our experiment, the activities of these enzymes did not differ between barb and Arabian mares.

GGT: The statistical analysis revealed a significant difference between the latter with a $P = 0.043$ whose greatest value is recorded among Barbes mares.

The serum GGT concentrations recorded in our mares are among the usual values and are similar to those cited by the Vet Agro Sup (Lyon) laboratory [14-18], and well below the values cited by Cornell University [20].

CPK: The statistical analysis revealed a non significant difference between the latter with a $P = 0,957$ of which the greatest value is recorded in Barbes mares. The serum CPK levels recorded in our mares are among the usual values and are similar to those cited by Vet Agro Sup (Lyon) [20,14-18].

CONCLUSION

In conclusion Analyzes of some biochemical and hematological parameters and their comparisons between the two experimental breed showed significant differences.

In terms of breed, parameters close to the usual values in the Barbes breed compared to the Arabian, which explained that Barbes mares have an adaptive power to local environmental factors that is very important compared to the Arabian mares.

COMPETING INTERESTS

Authors have declared that no competing interests exist.

REFERENCES

1. Lassen ED, Swardson CJ. Hematology and hemostasis in the horse: Normal functions and common abnormalities. *Vet Clin N Am-Equine*. 1995;11:351-389.
2. Kedzierski W, Bergero D, Assenza A. Trends of hematological and biochemical values in the blood of young race horses during

- standardized field exercise tests, *Acta Vet-Beograd*. 2009;59:457-466.
3. Jagric MS, Nemeč SA, Zrimšek P, Kramarić P, Kos Kadunc V, Vovk T, Kobal S. Plasma malondialdehyde, biochemical and haematological parameters in standardbred horses during a selected field exercise test, *Acta Vet-Beograd*. 2012;62:53-65.
 4. Harvey RB, Hambright MB, Rowe LD. Clinical, biochemical and hematologic values of the American miniature horse: Reference values. *Am J Vet Res*. 1984;45:97-101.
 5. Riber C, Rubio MD, Marquez F, Pinedo M, Munoz A, Castejon F. Haematological changes observed in Andalusian horses with laminitis. *J Vet Med Sci*. 1995;57:981-984.
 6. Rubio MD, Munoz A, Santisteban R, Tovar P, Castejon FM: Comparative haematological study of two breeds of foals (Andalusian and Arab) subjected to exercise of progressive intensity. *J Vet Med Sci*. 1995;57:311-315.
 7. Gonzalez O, Gonzalez E, Sanchez C, Pinto J, Gonzalez I, Enriquez O, Martinez R, Filgueira G, White A. Effects of exercise on erythrocyte beta adrenergic receptors and plasma concentrations of catecholamines and thyroid hormones in Thoroughbred horses. *Equine Vet J* 1998, 30: 72-78.
 8. Cebulj-Kadunc N, Božić M, Kosec M, Cestnik V: The influence of age and gender on haematological parameter in Lippizan horses. *J Vet Med A*. 2002;49:217-221.
 9. Kastner SBR, Feige K, Weishaupt MA, Auer JA. Heart rate and hematological responses of Quarter horses to a reining competition. *J Equine Vet Sci*. 1999;19:127-131.
 10. Lauš S, Trailović R, Đoković S, Lazarević M, Trailović D. Comparative analysis of some serum proteins and immunoglobulin G concentration in the blood of Yugoslav Trotter mares and newborn foals, *Acta Vet-Beograd*. 2012;62:569-578.
 11. Weiss DJ, Wardrop KJ (Eds). *Shalm's Veterinary Hematology*. 6TH; 2010.
 12. Prvanović N, Kostelić T, Novak B, Cergolj M, Grizelj J, Samardžija M, Filipović N, Lipar M, Dobranic T. The influence of age and gender on haematological parameters in protected and endangered Murinsulaner horses. In: *Proceedings of the XVIth SIVE International Congress / Piccione, Ellena (ed)*. Bologna: SIVE = Società Italiana Veterinari per Equini. 2010;30-31.
 13. Burlikowska K, Bogusławska-Tryk M, Szymeczko R, Piotrowska A. Haematological and biochemical blood parameters in horses used for sport and recreation 2015 - *Journal of Central European Agriculture*.
 14. Desjardins I, Cadore JL. Analyses sanguines équinés. II – Biochimie. *Pratique Vétérinaire Equine*. 2006; 38(152):7-16. Burlikowska, et al. *Journal of Central European Agriculture*. 2015;16(4):370-382.
 15. The University of Edinburgh. The University of Edinburgh Influencing the World Since 1583 [en ligne]. Available:http://www.ed.ac.uk/polopoly_fs/1.19330!/fileManager/reference%20intervals.pdf [Consulté le 24 juin 2015]
 16. Grondin TM, Dewitt SF. Normal hematology of the horse and donkey. In: *Schalm's Veterinary Hematology*, 6th Edn; 2010.
 17. Neuberg-Zuchowicz K, Geringer de Oedenberg H. Changes in hematological parameters of show jumping horses during yearly training cycle. *Medycyna Weterynaryjna*. 2011;67(11):765-769. (In Polish)

18. UC Davis School of Veterinary Medicine. UC Davis Veterinary Medicine. [en ligne]. Available:http://www.vetmed.ucdavis.edu/vmth/local_resources/pdfs/lab_pdfs/UC_Davis_VMTH_Chem_Reference_Intervals.pdf [Consulté le 24 juin 2015]
19. Eckersall PD. Proteins Proteomics and the Dysproteinemias. In Kaneko, J.J., Harvey, J.W. and Bruss, M.L., Eds., Clinical Biochemistry of Domestic Animals, 6th Edition, Academic Press, San Diego. 2008; 117-155.
20. Cornell University. Cornell University College of Veterinary Medicine [en ligne]. Available:<https://ahdc.vet.cornell.edu/sects/clinpath/reference/chem.cfm> [Consulté le 24 juin 2015]
21. Desjardins I, Cadoré JL. Analyses sanguines équine. I – Hématologie: Approche Clinique. Pratique Vétérinaire Equine. 2006;38(151):9-22.
22. Winnicka A. Reference values of basic laboratory research in veterinary sciences. 1st ed., SGGW Warszawa; 2011.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تشخيص مشاكل التكاثر عند الخيول في الجزائر وتحديدًا في مركز تربية الخيول شواشواة وذلك بتحليل بعض المعايير البيوكيميائية ومكونات الدم ، وملاحظة وتسجيل التغيرات الحاصلة في الدورة الشهرية للأفراس ، و تقييم السلوك الجنسي للفحول وكذا جمع السائل المنوي وتحليله قمنا بإجراء التحاليل البيوكيميائية والخاصة بالدم ورددنا التقلبات الشهرية للأفراس 15 يوماً بعد الولادة لـ 20 فرسا (ذات العرق: العربي، والبربري) مقسمة إلى قسمين متساويين في كل قسم 10 خلال فترة تقارب سنة.

وكذا قمنا بدراسة السلوك الجنسي للحياد ونزاعنا منها السائل المنوي الخاص بـ 17 الفحول من السلالة العربية والبربرية خلال سنتين من الدراسة. بعد ذلك جمعنا النتائج المحصلة عليها وقمنا بدراستها لاستنتاج العلاقة الإيجابية والسلبية الموجودة بين بعض المعايير البيوكيميائية والنمو الجريبي وارتباطها بنوع سلالة الأفراس، وكذا مدى تأثير عمر و سلالة الحياد على جودة الخصائص والقدرات الجنسية.

للتحليل الإحصائي استخدمنا (XLSTAT 2018.5, Excel (SYSTAT 12 © Copyright 2007). R STUDIO STUDI. أظهر التحليل الإحصائي أن فرصة نجاح الإلفاح من أول تجربة تكاثر كانت منخفضة بنسبة 48% لكل 1 ميليمول / لتر من الألبومين (OR = 0.52, P = 0.01) في نموذج أحادي المتغير في حين أن هذه الفرصة لها 1.5 مرة لكل 1 ميليمول / لتر من الألبومين (OR = 2.43, P = 0.02) في النموذج متعدد المتغيرات.

وكانت فرصة نجاح الإلفاح من أول تجربة تكاثر أقل بنسبة 48% لكل زيادة في وحدة واحدة من خلايا البيضاء متعددة النوى (OR = 0.52, P = 0.04) في النموذج متعدد المتغيرات. فيما يتعلق بتأثير السلالة على مدة عودة الشبق بعد الولادة، هناك فرق واضح بين مجموعتين تجريبيتين عند (p = 0.142) قيمتها القسوى المسجلة للسلالة العربية الأصلية مدة 50.6 يوماً والحد الأدنى للقيمة المسجلة للسلالة البربرية 29.83 يوماً.

سلالة الفحل، الانحدار الخطي المعمم للنموذج متعدد المتغيرات حيث قدمنا جميع المتغيرات في نفس النموذج يكشف لنا تأثير كبير من سلالة الفحول على معدل نجاح عملية التكاثر الطبيعية نتيجة لذلك ، كانت فرصة التلقح الطبيعي ناجحة 6 مرات في السلالة العربية مقارنة مع السلالة البربرية (OR = 6.82, CI = 1.07-43.23, P = 0.042). تأثير عمر الفحل، تكون حركة الحيوانات المنوية عالية بمقدار واحد ونصف مرة (OR = 2.42, CI = 0.98-6.01, P = 0.049) في الفحول الأصغر من 9 سنوات في العمر، بالمقارنة بالفحول التي يتعدى عمرها 9 سنوات.

الخيول المولودة والمرياة في الجزائر تمتاز بقدرة عالية على الإنجاب والتكاثر ، وتتطلب إدارة جيدة وتسييرا متقنا لتحقيق الهدف المرجو هو ؛ مهرا واحد لكل فرس في السنة. الكلمات المفتاحية: مشاكل التكاثر ، السلالة العربية ، السلالة البربرية ، الحياد ، المعايير الكيميائية و الدموية ، النمو الجريبي ، التحليل المنوي ، الإحصاء.

Résumé

L'objectif de notre étude est le diagnostic de l'infertilité chez le cheval en Algérie et plus précisément au niveau du haras national de Chaouchaouapar : l'analyse de quelques paramètres hématologiques et biochimiques, le suivi de la reproduction des juments, l'évaluation et l'enregistrement du comportement sexuel des étalons reproducteurs, et par la récolte et l'analyse des paramètres spermatiques.

20 juments poulinières (de race : arabe, barbe) ont été suivies sur une période de 1 an, ces dernières ont été réparties en deux groupes de 10 chacun puis des analyses sanguines ont été effectuées durant les 15 jours qui suivent le post partum.

Egalement, le comportement sexuel de 17 étalons reproducteurs disponibles au niveau du haras, de race arabe et barbe a été étudié à travers l'analyse de leur sperme. Cette période de l'étude a été réalisée sur 2 ans (2015/2017)

Les résultats collectés ont permis d'établir des corrélations positive et négative entre l'effet de quelques paramètres hémato-biochimiques et de la race sur la dynamique folliculaire des juments, et l'effet de l'âge et de la race sur les performances reproductives des étalons.

Pour l'analyse statistique nous avons utilisé (SYSTAT 12 © Copyright 2007). R STUDIO, XLSTAT 2018.5, Excel.

L'analyse statistique nous a montré que la chance de réussite à la 1ère saillie a été faible de 48% pour chaque 1 mmol/l d'albumine (OR=0.52, P=0.01) dans le modèle uni-varie alors que cette chance était plus élevée de 1.5 fois pour chaque 1 mmol/l d'albumine (OR=2.43, p=0.02) dans le modèle multi-varie.

De même, la chance de réussite à la 1ère saillie a été plus faible de 48% pour chaque augmentation d'une unité de Polynucléaires éosinophiles (OR=0.52, p=0.04) dans le modèle multi-varie.

Concernant l'effet de la race sur l'intervalle Poulinage-1^{er} saillie, une différence significative entre les deux lots expérimentaux a été enregistrée (p=0.0142) dont la valeur maximale correspond aux juments pur-sang arabe à une durée de 50.6 jours et la valeur minimale enregistrée chez les juments barbes à une durée de 29.83 jours.

Concernant la race de l'étalon, La régression linéaire généralisée du modèle multi-varié où nous avons introduit toutes les variables dans le même modèle nous a révélé un effet significatif de la race des étalons sur le taux de réussite de l'insémination artificielle. De ce fait, la chance de réussite de la monte en main a été plus élevée de 6 fois chez la race Arabe par rapport la race barbe (OR=6.82, IC95%= 1.07-43.23, p=0.042).

Ainsi, un effet significatif de la race (p=0.041) sur la concentration des spermatozoïdes.

Aussi, un effet significatif de la race (p=0.041) sur la concentration des spermatozoïdes a été enregistré.

Concernant l'effet âge de l'étalon, la motilité a été élevée d'une fois et demi (OR=2.42 ; 95% IC= 0.98-6.01 ; p=0.049) chez les étalons âgés de moins de 9 ans par rapport à ceux âgés de 9 ans et plus.

Les chevaux nés et élevés en Algérie sont dotés d'un haut potentiel reproductif, ce qui manque c'est une bonne gestion pour atteindre l'objectif recommandé : un Poulin par jument par an.

Mots clés : infertilité, arabe, barbe, étalon, hémato-biochimique, dynamique folliculaire, analyse spermatique, statistique.

ABSTRACT

The objective of our study is the diagnosis of infertility in horses in Algeria exactly at the national stud farm chaouchaoua. By evaluation of Performing analyzes of some hematological and biochemical parameters, followed by the reproduction of mares, evaluation and recording the sexual behavior of breeding stallions, and by harvesting and analyzing spermatic parameters.

We carried out the blood tests and the reproduction follow-up 15 days postpartum, of 20 mares broodmares (of breed: Arabian, Barbe) over a period of 1 year, were divided into two groups equal in number (10).

And we studied the sexual behavior and ensured sperm harvest of 17 breeding stallions available at the Arabian stud and beard stud, over a period of 2 years of study.

The collected results made it possible to establish positive and negative correlations of the effect of some hemato-biochemical and race parameters on the follicular dynamics of mares and the effect of age and race on reproductive performance stallions.

For the statistical analysis we used (SYSTAT 12 © Copyright 2007). R STUDIO STUDIO, XLSTAT 2018.5, Excel.

Statistical analysis showed that the chance of success of first projection was low of 48% for each 1 mmol / l of albumin (OR = 0.52, P = 0.01) in the uni-variant model whereas this chance has 1.5 times for each 1 mmol / l of albumin (OR = 2.43, p = 0.02) in the multi-variant model.

And the chance of success of 1st projection was 48% lower for each increase of one unit of eosinophilic Polynuclear (OR = 0.52, p = 0.04) in the multi-variant model.

With regard to the effect of the breed on Brooding-1st breeding a significant difference between the two experimental batches at one (p = 0.142) whose maximum value corresponds to mares thoroughbred Arabic with a duration of 50.6 days and the minimum value registered in bearded mares for a duration of 29.83 days.

The breed of the standard, the generalized linear regression of multivariate model where we introduced all the variables in the same model reveals us a significant effect of the breed of stallions on the success rate of the artificial insemination. As a result, the chance of successful artificial insemination was 6 times higher in the Arabian breed compared to the beard breed (OR = 6.82, 95% CI = 1.07-43.23, p = 0.042). Thus, a significant effect of bred (p=0.041) on the concentration of spermatozoa.

For the effect of stallion age, motility is high by one and a half times (OR = 2.42, 95% CI = 0.98-6.01, p = 0.049) in stallions younger than 9 years of age. Report the older stallions plus or equal to 9 years.

Horses born and bred in Algeria are endowed with high reproductive potential, requires good management to achieve the recommended goal one foal per mare per year.

Key words: fertility, Arabian, beard, stallion, hematochemical, follicular dynamics, spermatic analysis.