

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS DE MOSTAGANEM
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Laboratoire de physiologie animale
appliquée (Univ-Mostaganem)

Laboratoire de reproduction des
animaux de la ferme (Univ-Tiaret)

THESE

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en sciences agronomiques
Option : reproduction animale

ETUDE DES FACTEURS INFLUENÇANT LA DUREE DE GESTATION ET LA
VARIATION DES PARAMETRES BIOCHIMIQUES SELON LE STADE DE
REPRODUCTION CHEZ LA JUMENT ARABE.

Présentée par Mme MELIANI Samia

Soutenue publiquement le 15/06/2013

Devant la Commission d'examen :

NOM Prénoms	Grade	Qualité	Structure de rattachement
MOUATS Aziz	Pr.	Président	Université de Mostaganem
BENALLOU Bouabdallah	Pr.	Promoteur	Université de Tiaret
HALBOUCHE Miloud	Pr.	Co-promoteur	Université de Mostaganem
NIAR Abdellatif	Pr.	Examineur	Université de Tiaret
KAIDI Rachid	Pr.	Examineur	Université de Blida
ABDELHADI Si Ameur	MCA	Examineur	Université de Tiaret

-Année universitaire 2013/2014-

Dédicaces

Ce travail est dédié

Aux deux personnes qui ont fait de moi ce que je suis :

Mon père qui vivra toujours dans mon cœur,

Et

Ma mère que Dieu la préserve pour tous ceux qu'elle aime

Aux deux personnes ayant changé ma vie

Mon mari Hechelef Morsli Mustapha

Mon fils Abdelkader

Avec une pensée spéciale pour la petite Mourdjana

Je dédie aussi ce travail à :

Mes frères Tayeb, bachir faïçal et Mahdi

Mes sœurs Nassima, Kaltoum et Mouflida

Et à :

Mama Kheira

Mes beaux-frères Rachid et Mohammed

Mes belles-sœurs Habiba, Hafidha, Nacera, Meriem, Sylvie et Bahia

Et à tous leurs enfants

Que Dieu les garde tous

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je remercie toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à sa réalisation.

Tout d'abord mes remerciements vont au Pr. MOUATS Aziz pour avoir accepté de présider le jury de ce travail.

Je tiens à remercier sincèrement le Pr. Benallou Bouabdellah, qui, en tant que promoteur, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce travail, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer, qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude à jamais.

Mes remerciements vont aussi au Pr. Halbouche Miloud, Co-promoteur de cette étude, pour avoir accepté de codiriger ce travail. Pour ses directives, sa compréhension et son aide qui ont été si précieuses.

J'associe à ces remerciements au Pr. NIAR Abdellatif, Pr. KAIDI Rachid et Dr. ABDELHADI Si Ameur pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail.

Enfin, que toutes les personnes ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, trouvent ici l'expression de ma gratitude.

SOMMAIRE

SOMMAIRE	04
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	07
LISTE DES ABREVIATIONS	09
RÉSUMÉ (Français).....	10
RÉSUMÉ (Anglais).....	11
RÉSUMÉ (Arabe)	12
INTRODUCTION	14
<u>ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE</u>	18
CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION CHEZ LA JUMENT.....	19
I. LE CONTRÔLE ENDOCRINIEN DU CYCLE ŒSTRAL :	20
a) La GnRH	20
b) La FSH.....	20
c) Inhibine et Activine	21
d) Les oestrogènes	21
e) La LH.....	22
f) La progestérone	22
g) La PGF2 α	23
h) L'Ocytocine	23
II. LE CYCLE ŒSTRAL CHEZ LA JUMENT	24
a. Les particularités du cycle oestrien chez la jument	24
b. Les particularités du fonctionnement ovarien chez la jument	25
c. Les changements physiologiques du tractus génital au cours du cycle	27
d. Le comportement de chaleurs	28
III. LA SAISON DE REPRODUCTION DES ÉQUIDÉS	29
IV. LA DURÉE DE LA GESTATION CHEZ LA JUMENT	31
CHAPITRE II : INFLUENCE DE L'ALIMENTATION SUR LA REPRODUCTION CHEZ LA JUMENT	36
I. RELATION ENTRE LA SAISON ET L'ALIMENTATION	36
II. INFLUENCE DE L'ÉTAT CORPOREL	36
a) Estimation de l'état corporel	37
b) Modifications associées aux variations de l'état corporel.....	40
• Influence sur la cyclicité	40
• Influence sur la gestation	41
• Influence sur la lactation	42
III. INFLUENCE DU NIVEAU ALIMENTAIRE, DE LA QUALITÉ DES NUTRIMENTS ET DE L'ÉQUILIBRE NUTRITIONNEL	42
a) Influence du niveau alimentaire	43
b) Influence des apports protéiques	45

• Apport quantitatif	45
• Apport qualitatif	46
c) Influence de l'apport lipidique	47
d) Influence de la composition minérale de la ration	48
e) Influence de l'apport vitaminique	49
CHAPITRE III : VARIATION DES PARAMETRES SANGUINS CHEZ	
LES CHEVAUX	51
a) Le Glucose	51
b) Les Triglycérides (TG)	51
b) Le Sodium	52
c) Le potassium	52
d) Le calcium	53
e) Le magnésium	54
f) Le phosphore	55
g) Influence du régime et de l'état physiologique	57
<u>ÉTUDE EXPERIMENTALE</u>	58
MATÉRIEL ET MÉTHODE.....	59
RESULTATS ET DISCUSSION	64
1^{er} CHAPITRE : ETUDE DE LA DUREE DE LA GESTATION	65
A) RESULTATS	65
1. LA VARIATION DE LA DURÉE DE LA GESTATION	65
1.1 Répartition des durées de gestation selon l'âge des juments	65
1.2 Répartition des durées de gestation selon le mois de naissance.	66
1.3 Répartition des durées de gestation selon le sexe du poulain	68
1.4 Répartition des durées de gestation selon l'année de reproduction :	69
B) DISCUSSION	71
2^e CHAPITRE : ETUDE DES PARAMETRES DE REPRODUCTION	78
A) RESULTATS	78
1. EVALUATION DE LA FERTILITE PAR ANNEE DE REPRODUCTION	78
1.1. Le taux de venu en chaleur par année	79
1.2. Le taux d'infertilité par année	80
1.3. Le taux d'avortement par année	80
1.4. Le taux de gestation par année	81
1.5. Le taux de poulinage par année	82

2. DETERMINATION DES FACTEURS INFLUENCANT L'HEURE DE	
NAISSANCES	83
2.1 Répartition des naissances dans la journée :	83
2.2 Répartition des naissances selon l'heure et le sexe du poulain :	84
2.3 Evolution des diamètres folliculaires avant ovulation	85
B) DISCUSSION	86
3^e CHAPITRE : LES PARAMÈTRES SANGUINS	89
A) RESULTATS	89
1. Variation du taux sériques en calcium	89
2. Variation du taux sérique en phosphore inorganique.....	90
3. Variation du taux sérique en magnésium.....	91
4. Variation du taux sérique en sodium	92
5. Variation du taux sérique en potassium	93
6. Variation du taux sérique en glucose	94
7. Variation du taux sérique en triglycérides	95
B) DISCUSSION	97
CONCLUSION GENERALE	101
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	104

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Figure N° 01 : Représentation des aires à palper pour évaluer l'état corporel d'un cheval (d'après Henneke et al. (1983))	38
Tableau N°01 : Note d'état corporel chez la jument (Attwood, 2000)	39

ÉTUDE EXPERIMENTALE

Tableau N° 01 : Variation de la durée de gestation selon l'âge de la mère chez la jument pur sang Arabe	65
Tableau N° 02 : Analyse de la variance pour l'effet de l'âge de la mère sur la durée de la gestation	66
Tableau N° 03 : Variation de la durée de gestation selon le mois de naissance chez la jument pur sang Arabe	66
Tableau N°04 : Analyse de la variance pour l'effet du mois sur la durée de la gestation	67
Tableau N° 5 : Variation de la durée de gestation selon le sexe du poulain chez la jument pur sang Arabe	68
Tableau N°06 : Analyse de la variance pour l'effet du sexe sur la durée de la gestation	68
Tableau N° 07 : Variation de la durée de gestation selon l'année de reproduction chez la jument pur sang Arabe	69
Tableau N° 08 : Analyse de la variance pour l'effet du sexe sur la durée de la gestation	70
Tableau N° 09 : Répartition globale des taux d'œstrus, d'infertilité, de gestation et de parturition par année de reproduction.	79
Tableau N°10 : Répartition des naissances selon l'heure de poulinage	84
Tableau N°11 : Répartition des naissances par sexe dans la journée avec l'heure de naissance	85
Tableau N°12 : Diamètre moyen des follicules dominants et taux d'évolution chez la jument	86
Tableau N°13 : Les taux sériques en calcium selon la phase de reproduction.....	90
Tableau N°14 : Les taux sériques en phosphore inorganique selon la phase de reproduction	91
Tableau N° 15 : Les taux sériques en magnésium selon la phase de reproduction.....	92
Tableau N°16 : Les taux sériques en sodium selon la phase de reproduction	93
Tableau N°17 : Les taux sériques en potassium selon la phase de reproduction.....	94

Tableau N°18 : Les taux sériques en glucose selon la phase de reproduction.....	95
Tableau N°19 : Les taux sériques en triglycérides selon la phase de reproduction	97
Figure N°01 : Histogramme des variations de la durée de gestation selon le mois de la reproduction chez la jument pur sang Arabe.....	68
Figure N°02 : Histogramme des variations de la durée de gestation avec le sexe du poulain chez la jument pur sang Arabe	69
Figure N°03 : Courbe des variations de la durée de gestation selon l'année de reproduction chez la jument pur sang Arabe	71
Figure N°04 : Évolution des diamètres folliculaires avant ovulation	78
Figure N°05 : Histogramme des variations des taux de juments venues en chaleurs selon les années.....	79
Figure N°06 : Histogramme des variations des taux de juments Infertiles selon les années	79
Figure N°07 : Histogramme des variations des taux d'avortements selon les années	82
Figure N°08 : Histogramme des variations des taux de juments gestantes selon les années	82
Figure N°09 : Histogramme des variations des taux de poulinages selon les années	83
Figure N°10 : Histogramme des taux sériques en calcium des différents groupes de juments.....	90
Figure N°11: Histogramme des taux sériques en phosphore inorganique des différents groupes de juments	91
Figure N°12 : Histogramme des taux sériques en magnésium des différents groupes de juments ...	93
Figure N°13 : Histogramme des taux sériques en sodium des différents groupes de juments	94
Figure N°14 : Histogramme des taux sériques en potassium des différents groupes de juments... ..	95
Figure N°15 : Histogramme des taux sériques en glucose des différents groupes de juments.....	96
Figure N°16 : Histogramme des taux sériques en triglycérides des différents groupes de juments	97

LISTE DES ABREVIATIONS

FSH: Follicle Stimulating Hormone

AGNE : acides gras non estérifiés

GH : Growth hormon

GnRH: Gonadotropin Releasing Hormone

J : Jour

LH : Luteinizing Hormone

P : Probabilité

PGF2 α : Prostaglandine F2 alpha

PMSG : Pregnant Mare Serum Gonadotropin

eCG : equine Gonadotropin Hormone

PIH : Prolactin inhibiting hormone

SB : Score Body

α : degré d'erreur

ng/ml : nano gramme par millilitre

ng : nannogramme.

NRC : National Research Council

ml : millilitre.

mm : millimètre.

min : Minutes.

Mmol/L : milimol par Litre.

TG : Triglycérides

RÉSUMÉ

1262 juments pur sang Arabes appartenant au Haras national Chaouchaoua de la Wilaya de Tiaret (Algérie), dont les données de reproduction, ont été étudiées de manière rétrospective, durant la période qui s'est étalée de 1985 à 2010.

Notre étude a permis, dans sa première partie, de déterminer la durée moyenne de gestation chez la jument pur sang Arabe, elle a été estimée à $332,95 \pm 8,57$ jours avec des extrêmes de 310 à 355 jours.

Cette variabilité dans le temps de gestation pouvant donner un poulain viable, indique que la durée de gestation chez la jument est très sensible aux facteurs génétiques et environnementaux comme, l'année, le mois de reproduction, l'âge de la mère et le sexe du poulain.

L'étude de la croissance folliculaire de nos juments a montré que le diamètre moyen des follicules dominants a été de $31,50 \pm 6,36$ mm, les autres juments présentaient seulement de petits follicules sur les ovaires. A un jour d'ovulation, la moyenne des diamètres folliculaires a été de $43,16 \pm 4,91$ mm. La moyenne d'évolution des diamètres folliculaires a été très élevée quatre jours avant ovulation, avec $3,53$ mm/jour.

La 2^{ème} partie de l'étude a permis de suivre l'évolution de la concentration de certains constituants du plasma sanguin à savoir le calcium, le phosphore inorganique, le magnésium, le sodium, le potassium, le glucose et les triglycérides selon les différentes phases de reproduction de nos juments.

Les juments infertiles avaient un taux sérique en calcium assez élevé avec $3,78 \pm 0,51$ mmol/L comparé à celui des juments en post-partum avec $2,74 \pm 0,09$ mmol/L sans doute à une moindre utilisation corporelle du calcium en absence de gestation ou de production laitière.

De même, le taux sérique en phosphore inorganique chez les pouliches était significativement plus élevé que chez les juments des autres groupes ($P < 0,05$) avec $1,32 \pm 0,25$ mmol/L. Alors que les taux les plus bas ont été observés chez les juments en post-partum avec $0,81 \pm 0,08$ mmol/L et celles en fin de gestation avec $0,91 \pm 0,11$ mmol/L.

Les concentrations sériques enregistrées en minéraux, en glucose et en triglycérides varient selon les différentes phases du cycle de reproduction des juments.

Mots clé : Juments pur sang arabe, Durée de gestation, croissance folliculaire, Paramètres sanguins

SUMMARY

1262 thoroughbred mares belonging to the Arab National Stud Chaouchaoua Wilaya of Tiaret (Algeria) were monitored during the period that spanned from 1985 to 2010. During the first part of the study, with the aim to determine the length average of gestation in the thoroughbred Arabian mare, was estimated at 332.95 ± 8.57 days, while the shortest average encountered, with a viable product, was 327.22 ± 8.11 days in 2004, and the longest length average was encountered in 1999 with 338.48 ± 7.28 days.

This wide variability in the gestation period giving a viable foal indicates that the gestation duration in the mare is very sensitive to genetic and environmental factors as, year and month of breeding, age of mother and sex of the foal.

The study of follicular growth of our mares showed that the mean diameter of dominant follicles was 31.50 ± 6.36 mm. The remaining mares had only small follicles on the ovaries. One day before ovulation, the average follicular diameter was 43.16 ± 4.91 mm. The average diameter of follicular development was very high in four days before ovulation, with 3.53 mm / day. The second part of the study has tracked the evolution of the concentration of some constituents of blood plasma such as calcium, inorganic phosphorus, magnesium, sodium, potassium, glucose and triglycerides in the different reproduction phases in mares.

Infertile mares had a serum calcium with relatively high 3.78 ± 0.51 mmol / L compared to that of postpartum mares with 2.74 ± 0.09 mmol / L probably less use of calcium by the body in the absence of pregnancy or milk production.

Similarly, serum inorganic phosphorus with the fillies was significantly higher than among other groups of mares ($P < 0.05$) with 1.32 ± 0.25 mmol / L. While lower rates, were observed in postpartum mares with 0.81 ± 0.08 mmol / L and those in late pregnancy with 0.91 ± 0.11 mmol / L. Serum concentrations recorded minerals, glucose and triglycerides vary according to different phases of the reproductive cycle of mares.

Keywords: Thoroughbred Arabian mares, Pregnancy duration, Follicular diameters, Blood parameters.

ملخص

تم رصد 1262 من الأفراس الأصيلة تنتمي إلى مركز تربية الخيول Chaouchaoua ولاية تيارت (الجزائر). خلال الفترة التي امتدت من 1985 و إلى 2010.

خلال الجزء الأول من هذه الدراسة، ولتحديد متوسط طول فترة الحمل في الأفراس العربية الأصيلة، وجد أنه متوسط المدة يعادل 332.95 ± 8.57 أيام، في حين أن أقصر متوسط مدة، كان 327.22 ± 8.11 يوما في عام 2004، وتم تسجيل أطول متوسط مدة في عام 1999 مع 338.48 ± 7.28 يوما.

هذا التباين الواسع في فترة الحمل، التي تعطي أمهر قابلة للحياة، يشير إلى أن طول مدة الحمل لدى الفرس حساسة جدا لعوامل وراثية وبيئية كالسنة وشهر التناسل، عمر الأم و جنس المهر.

وأظهرت دراسة النمو الجريبي لدى الأفراس، أن متوسط القطر الجريبات المهيمنة كان 31.50 ± 6.36 ملم، ولقد أضهرت الأفراس المتبقية جريبات صغيرة فقط على المبيضين. في اليوم الذي قبل الإباضة كان متوسط أقطار الجريبات 43.16 ± 4.91 ملم. كما كان متوسط أقطار النمو عاليا جدا في أربعة أيام قبل الإباضة، مع 3.53 مم / يوم. وقد تتبع في الجزء الثاني من هذه الدراسة تم تتبع تطور تركيز بعض العناصر المكونة لمصل الدم مثل الكالسيوم، والفسفور غير العضوي، والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم، والجلوكوز والدهون الثلاثية في المراحل المختلفة للدورة التناسلية لدى الأفراس.

ولقد وجد ارتفاع محسوس في نسبة الكالسيوم في الدم بمعدل 3.78 ± 0.51 مليمول / لتر لدى الأفراس التي تعاني من العقم مقارنة مع الأفراس التي هي بعد الولادة بمعدل 2.74 ± 0.09 مليمول / لتر، وقد يكون هذا الاختلاف، على الأرجح، نتيجة لإستخدام أقل للكالسيوم من الجسم في حالة عدم وجود الحمل أو إنتاج الحليب.

وبالمثل، كان تركيز الفوسفور غير العضوي لدى الأمهر أعلى بكثير من بين المجموعات الأخرى من الأفراس ($P < 0.05$) بمعدل 1.32 ± 0.25 مليمول / لتر. في حين لوحظت أدنى المعدلات في الأفراس بعد الولادة 0.81 ± 0.08 مليمول / لتر والتي هي في مرحلة متأخرة من الحمل بـ 0.91 ± 0.11 مليمول / لتر. إن التركيزات التي سجلت في المصل لدى الأفراس من بعض المعادن، والجلوكوز والدهون الثلاثية تتغير وفقا للمراحل المختلفة للدورة التناسلية.

الكلمات المفاتيحية: الأفراس العربية الأصيلة، مدة الحمل، نمو الجريبات، مكونات الدم.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'élevage des chevaux continue d'avoir une grande importance économique et socioculturelle. En effet, le cheval est utilisé dans des activités équestres modernes, les courses hippiques, les sports et les loisirs équestres, en plus il est toujours présent dans le cadre des "Fantasias" organisées traditionnellement pour célébrer diverses manifestations religieuses et nationales (Boujnane et *al*, 2008).

Dans les conditions naturelles, chez les chevaux (*Equus caballus*) comme chez la plupart des mammifères des régions tempérées ou froides, les poulages ont lieu pendant la saison la plus favorable pour la survie du jeune, généralement au printemps. De plus, pour la plupart des animaux vivant dans ces zones, à l'automne, à l'approche du froid, l'organisme privilégie l'énergie alimentaire disponible pour les fonctions de survie (Thermorégulation, résistance aux maladies...) au détriment, entre autres, de la fonction de reproduction (Nelson, 1999).

À l'automne, les juments démarrent une phase d'inactivité ovulatoire et les étalons présentent, surtout, une diminution de leur comportement sexuel (Magistrini *et al*, 1987). La durée de cette phase d'inactivité est extrêmement variable, elle dépend de l'âge de la jument, de son état physiologique et du nombre de cycles utilisables. Les analyses de Langlois et Blouin (2004), portant sur plus de 500.000 mises à la reproduction, montrent clairement que les juments mises à la reproduction avant le mois de Mai, ont deux fois plus de chances d'être gestantes que celles qui sont mises à la reproduction durant le mois de Juin ou après.

De plus, en France, un ancien arrêté fixant la saison de monte du 15 Février au 15 Juillet, encore partiellement suivi dans le monde, est aussi appliqué en Algérie. D'un point de vue administratif, dans la plupart des pays, les sociétés régissant l'élevage et l'utilisation des chevaux ont fixé au 1^{er} Janvier le changement d'une catégorie d'âge à la suivante : les poulains conçus pendant la même saison de reproduction ont donc le même âge administratif et ce, dans tous les États (Ginther, 1974). Pour diverses compétitions équestres ou courses, Langlois et Blouin (1997, 1998) ont clairement montré que les chevaux nés tôt dans l'année présentent, significativement, de meilleures performances que ceux qui sont nés tardivement.

La durée de **la gestation est une variable physiologique d'importance** économique chez la majorité des animaux domestiques. La période de gestation varie seulement de quelques jours,

même si certaines différences se justifient par des facteurs génétiques plus que par des facteurs environnementaux (Valera et *al*, 2006). Chez les chevaux, la variabilité de la durée de gestation est plus grande que chez d'autres espèces (Bos et Van Der Mey, 1980). Plusieurs études confirment la grande variabilité de la durée de gestation chez différentes races équines (Pérez et *al*, 2003). La connaissance de la durée de la gestation et la possibilité de prédiction de la date de poulinage pourrait être importante pour un succès de la gestion. Selon les études publiées, les facteurs les plus importants qui influencent la période de gestation dans certaines races sont liés à l'âge de la mère, le nombre de poulinages, la nutrition, le sexe du poulain, l'année, la saison, le mois de conception et la photopériode (Hevia et *al*, 1994 ; Panchal et *al*, 1995 ; Davies-Morel et *al*, 2002 ; Vassilev et *al*, 2002).

Des conditions climatiques plus favorables affectent les **valeurs nutritionnelles** des prairies, et par conséquent, la jument peut avoir un large gain nutritionnel et le poulain prend moins de temps à atteindre le poids approprié pour la naissance (Davies-Morel et *al*, 2002). Langlois (1973) et Hafez (1987) ont indiqué que les juments ayant un régime alimentaire adéquat ont une durée de gestation plus courte que les juments sujettes à des restrictions alimentaires. D'ailleurs, lorsque les températures s'élèvent, le moment de naissance se rapproche de plus en plus du mois qui assure les conditions nutritionnelles les plus favorables, selon les régions (Avril et Mai).

Des facteurs comme la race, le sexe, l'âge, la gestation, les changements physiologiques et la période du jour, **peuvent aussi influencer les paramètres biochimiques du sang** (Taylor-Macallister et *al*, 1997). Plusieurs études ont été conduites dans le sens d'établir les paramètres hématologiques standards chez les chevaux pour les différentes races, âges et états physiologiques dans les différents continents (Noronha et *al*, 2000 ; Vaz et *al*, 2000). Les changements physiologiques chez la jument, durant la gestation, sont plus grands avec une augmentation des demandes de l'organisme ce qui conduit à une altération de l'homéostasie sanguine (Morris, 1998). C'est pourquoi les variations observées chez la jument gestante peuvent être très utiles dans la gestion physiopathologique des femelles équines (Kramer, 2000). Peu d'études scientifiques existent sur les changements des paramètres sanguins surtout pendant la gestation (Stell and Whitlock, 1960 ; Taylor-Macallister et *al*, 1997).

Une étape cruciale du cycle de production de la jument coïncide avec le peripartum : ou s'articulent trois étapes physiologiques fondamentales : le tarissement dont l'objectif est de préparer la jument au poulinage et à la lactation, la mise bas, événement majeur du peripartum qui

conditionne l'état de santé du nouveau né, et le début de la lactation qui constitue la période de production la plus importante. Durant ces trois phases, la femelle est soumise à des changements métaboliques consécutifs au développement d'un fœtus.

Devant le peu d'études menées en Algérie, et sachant que le cheval prend une place particulière, non seulement dans les économies locales, mais aussi dans le mode de vie des populations, nous avons entrepris ce travail de recherche pour contribuer à une meilleure maîtrise de sa reproduction, qui constitue un aspect fondamental dans la réussite des élevages.

Quelle que soit l'origine des troubles de la reproduction, le recueil précis de l'anamnèse et des commémoratifs, l'examen clinique général de l'animal et l'examen gynécologique complet tiennent une place fondamentale dans la démarche diagnostique du vétérinaire. Notamment par le suivi des juments durant toutes les phases de gestation jusqu'au poulinage, même après au post-partum, en insistant sur la gestion du foal heat jusqu'à la nouvelle conception, en plus de l'évaluation des paramètres biochimiques et sanguins pour l'exploration des grandes fonctions de l'organisme, qui peuvent influencer les performances de reproduction de la jument.

Par la suite, la mise en place, d'investigations complémentaires telles que les analyses biochimiques offrent au praticien un moyen pour préciser le diagnostic étiologique, d'orienter le choix thérapeutique, d'en contrôler l'efficacité, de juger de la gravité et de l'étendue des troubles, et enfin, de poser un pronostic quant à l'avenir reproductif de la jument.

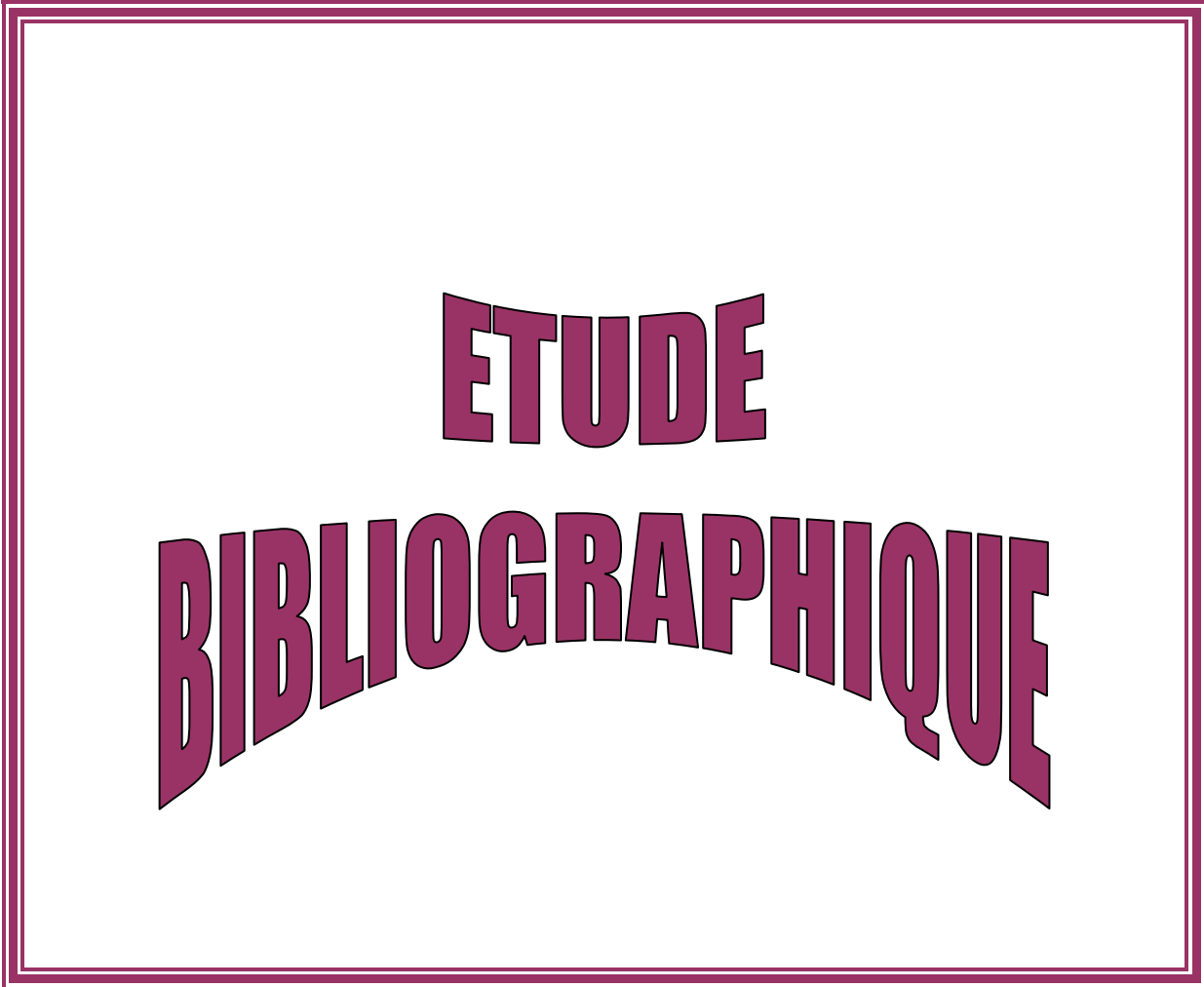
Pour répondre à ces questions, nous avons choisi, de mener un travail qui intègre une démarche qui permet de faire une approche globale des interactions du statut nutritionnel, physiologique et sanitaire de la jument durant les différentes phases de reproduction dans nos conditions locales.

Notre travail, réalisé au sein du haras national de Tiaret, a comporté trois volets de recherche :

- Un premier volet a consisté à mener de manière prospective et rétrospective, à l'étude de :
 - La durée de gestation moyenne chez les juments Pur-sang Arabe.
 - L'influence des différents facteurs environnementaux sur la durée de gestation chez les chevaux Pur sang Arabe élevés en Algérie.

- Un deuxième volet a consisté à étudier :
 - La fertilité et son évolution suivant les moyens d'investigation et de contrôle utilisés dans la gestion de la reproduction des juments.
 - L'heure de poulinage et les facteurs qui l'influent sur une période de sept années consécutives.
 - L'évolution du diamètre folliculaire pendant le foal heat et le diamètre moyen d'ovulation.

- Et en fin un troisième volet qui a consisté à étudier la variation de certains facteurs biochimiques dans le sang chez les juments, selon les différents stades de reproduction.



ETUDE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION CHEZ LA JUMENT

La jument est naturellement une espèce saisonnière polyœstrienne, à ovulation spontanée. Elle exprime une activité sexuelle seulement pendant le printemps, l'été et les mois d'automne. Celle-ci est dite « la saison de reproduction », et le reste de l'année est la saison d'anœstrus. L'année de reproduction chez les chevaux est divisée en quatre phases qui correspondent aux changements de la durée du jour (Ginther, 1992). La période qui correspond au pic de fertilité (la saison de reproduction) se trouve aux alentours des jours les plus longs de l'année ou des solstices d'été (21 juin) ; puis les juments passent dans une période de transition (transition d'automne) à une période d'activité ovarienne anovulatoire qui coïncide avec l'équinoxe d'automne (21 Septembre) lorsque les nuits et les jours deviennent de durées égales. Les juments par la suite entrent en quiescence sexuelle (anœstrus) qui se centre autour des jours les plus courts de l'année, ou les solstices d'hiver (21 Décembre). Après cette période, la jument entre dans une autre période de transition (transition de printemps) d'une période d'activité ovarienne anovulatoire qui coïncide avec l'équinoxe de printemps (21 Mars) lorsque les jours et les nuits ont une durée égale (Ginther, 1992).

Chez la jument les cycles œstraux commencent dès la puberté (10 à 24 mois d'âge). Chaque cycle a une durée moyenne de 21 jours (entre 20-22 jours). Au cours de chaque cycle, l'évolution des événements physiologiques et comportementaux, sous l'effet des hormones, peut être divisée en deux périodes, selon le comportement de la jument : l'œstrus lorsque la jument est réceptive sexuellement, d'une durée normale de 4-5 jours, et le diœstrus lorsqu'elle ne l'est pas, d'une durée de 16 jours. En plus de la phase de réceptivité effective, deux autres phases ont été proposées : le præstrus, lorsque la jument se prépare à entrer en chaleur ; et le metaœstrus, après la fin des chaleurs (Davies-Morel, 2008).

Ces phases sont plus évidentes chez la jument, comparée aux autres espèces animales d'élevage, du moment que l'œstrus est plus long (Gordon, 1997).

Chez tous les mammifères, l'appareil génital femelle présente, pendant la période d'activité génitale, des modifications structurales se produisant toujours dans le même ordre, et revenant à

des intervalles périodiques suivant un rythme bien défini pour chaque espèce. Ces modifications sont connues sous le nom de cycle sexuel ou cycle œstrien (Davies-Morel, 2008).

I. LE CONTROL ENDOCRINIEN DU CYCLE ŒSTRAL :

La reproduction est sous contrôle de l'axe hypothalamo-hypophysio-utéro-ovarique, lorsque les facteurs environnementaux le permettent, l'inhibition de l'hypothalamus est levée et la GnRH est produite (Davies-Morel, 2008).

a) La GnRH :

La libération de la GnRH, communément avec d'autres hormones de la reproduction, est de manière tonique et pulsatile. La sécrétion tonique est reliée à un certain niveau de sécrétion continu, alors que la libération pulsatile est superposée à celle-ci comme une série de pulses ou d'épisodes de haut niveaux (Davies-Morel, 2008).

Le niveau de sécrétion tonique, l'amplitude et la fréquence des épisodes peuvent varier durant le cycle. Une augmentation de l'amplitude des pulses, de leur fréquence ou des sécrétions toniques, provoque une augmentation du taux d'hormones circulantes. 80% de la GnRH libérée passe directement au système porte hypothalamo-hypophysaire, pour un effet direct sur l'antéhypophyse. Les 20% qui passent dans la circulation agissent au niveau du système nerveux central pour modifier le comportement. Le niveau de GnRH dans le système circulatoire est par conséquent relativement bas à cause du passage dans le système porte ; en réponse à la GnRH, l'antéhypophyse produit les gonadotrophines (FSH et LH) dont la cible sont les ovaires (Alexander et Irvine, 1993 ; Irvine et Alexander, 1994).

b) La FSH :

La FSH est responsable du développement folliculaire, avec la LH, c'est l'une des deux hormones gonadotrophiques majeures qui stimulent les gonades chez la jument. Elle passe dans la circulation sanguine, ses concentrations suggèrent une excrétion bi-phasique avec des niveaux élevés entre J9 et J12 du cycle et au moment d'ovulation. Le plus grand pic commence à J15, avec un niveau de 4 ng/ml puis augmente à 9 ng/ml pendant l'œstrus. Cette sécrétion bi-phasique appuie la théorie du développement folliculaire en 21 jours chez la jument, au contraire de la chèvre, la vache et la truie, qui est plus court (de 3 à 6 jours). Le pic à l'ovulation permet l'achèvement du développement terminal du follicule avant ovulation et de déclencher une nouvelle cohorte de follicules pour la prochaine ovulation après 21 jours (Fay et Douglass, 1987 ;

Alexander et Irvine 1993 ; Bergfeldt et Ginther, 1993 ; Ginther et Bergfeldt, 1993 ; Irvine et Alexander, 1993, 1994). Plus de dix follicules peuvent initialement être touchés par le pic de FSH mais un seul, et parfois deux, se développent pour atteindre la maturité (Davies-Morel, 2008).

c) Inhibine et Activine :

Il a été suggéré que le déclin du niveau de FSH après le pic, surtout à proximité de l'ovulation, est dû en partie à la sécrétion de l'inhibine par le follicule dominant (Tanaka *et al*, 2000). L'inhibine agit comme un rétro-contrôle négatif sur la production de FSH par modulation de la réponse de l'antéhypophyse à la GnRH dans le sens de la réduction de la sécrétion de FSH (Watson *et al*, 2002).

L'Activine a été aussi isolée du liquide folliculaire, il a été rapporté qu'elle avait un effet de rétro-contrôle positif sur la sécrétion de FSH (Piquette *et al*, 1990 ; Nett, 1993b). L'activine et l'inhibine paraissent, cependant, être très impliquées dans le développement du follicule préovulatoire et la suppression du développement des autres follicules, pour augmenter sa propre dominance et ses chances d'ovulation (Davies-Morel, 2008).

d) Les œstrogènes :

Au cours de leur développement, les follicules secrètent les œstrogènes qui sont responsables du changement du comportement chez la jument, en plus de la réceptivité sexuelle et œstrale. L'œstrogène majeur est l'œstradiol 17β , un stéroïde ovarien, produit à partir du cholestérol. Il est sécrété dans la circulation sanguine 24 à 48 h avant ovulation, avec un pic de 10 à 15 pg/ml qui descend à un taux basal immédiatement après l'œstrus (Tucker *et al*, 1991).

L'arrêt de la sécrétion d'œstrogènes correspond au détachement des cellules de la granulosa et des cellules de la thèque, pour envahir le liquide folliculaire après ovulation, alors que les cellules de la thèque commencent à produire seulement de la progestérone, et l'aromatisation de la testostérone en œstrogènes au niveau des cellules de la granulosa est stoppée (Tucker *et al*, 1991).

Lorsque le taux de FSH s'élève, la taille du follicule augmente, ce qui correspond à l'augmentation de la population cellulaire de la thèque et de la granulosa, et donc à une augmentation de la production d'œstradiol. Lorsque les taux de FSH et d'œstradiol atteignent un pic pendant l'œstrus, ceci assure un développement maximal du follicule ovulatoire, en concomitance avec l'œstrus (Knudsen et Vell, 1961 ; Garcia *et al*, 1979 ; Nett, 1993a ; Weedman *et al*, 1993).

e) **La LH**

Provoque l'ovulation, du ou des follicules dominants, comme la FSH, la LH est secrétée par l'antéhypophyse. Au cours de l'œstrus, des sécrétions toniques et pulsatiles élèvent le taux de LH à son pic. Cependant, l'augmentation de la fréquence des pulses et de leurs amplitudes sont à l'origine du pic préovulatoire de LH, en même temps, le nombre de récepteurs à LH au niveau des cellules de la thèque augmente avec sa concentration. L'élévation du taux de LH, implique l'augmentation de la production des précurseurs d'androgènes, donnant lieu à une élévation de la production de la progestérone par les cellules de la thèque, qui sera convertie par les cellules de la granulosa en estradiol (Davies-Morel, 2008).

Les taux de LH, commencent à s'élever de moins de 1 ng/ml avec une fréquence pulsatile de 1,4 pulse/24 h, plusieurs jours avant l'œstrus, puis atteignent un pic de 10 à 16 ng/ml juste après ovulation (Whitmore *et al*, 1973). Il a été suggéré que la LH est responsable de l'établissement du corps jaune, de la maturation folliculaire et ovulation, ce qui explique le pic post-ovulatoire. La concentration de LH, diminue pendant le diœstrus (Pattison *et al*, 1972 ; Evans et Irvine, 1979 ; Alexander et Irvine, 1982, 1993 ; Pantke *et al*, 1991 ; Irvine et Alexander, 1993, 1994 ; Aurich *et al*, 1994).

f) **La progestérone :**

L'ovulation du follicule, donne lieu à un corps jaune, à partir du follicule laissé après émission de l'ovocyte. Le tissu lutéal, formant le corps lutéal, est issu des cellules de la thèque et de la granulosa, d'où la production de progestérone. Le taux de progestérone augmente 4 à 24 h après ovulation. Une concentration maximale de 10 ng/ml, est atteinte 5 à 6 jours après ovulation et maintenue jusqu'à J15 et J16 du cycle. Si la jument n'a pas conçu, le taux de progestérone chute 4 à 5 jours avant ovulation suivante à un taux basal durant l'œstrus (Davies-Morel, 2008).

La progestérone a un effet inhibiteur sur la libération de la FSH et de la LH, chez la majorité des animaux de la ferme. L'œstrus ne pourra débiter que si le taux de progestérone baisse en dessous de 1ng/ml. Cependant, la compréhension de ce blocage chez la jument n'est pas bien complète. Des taux élevés de progestérone, paraissent avoir un effet inhibiteur sur la libération hypophysaire de LH, en prévention de toute élévation de LH, jusqu'à ce que la progestérone diminue. Cependant, la progestérone ne paraît pas avoir le même effet inhibiteur sur la FSH, spécialement chez la jument, un 2^e pic de FSH est perçu 10 à 12 jours post-ovulation en dépit d'un taux élevé en progestérone (Davies-Morel, 2008).

En l'absence de conception, le taux de progestérone doit rester bas pour permettre un retour en chaleur, un pic de LH et une ovulation à J21. La diminution du taux de progestérone se produit en absence du signal gestatif, dans le cas contraire, sa sécrétion est maintenue. En l'absence de conception, le système de la jument répond par une production utérine de prostaglandines F2 α , PGF2 α (Davies-Morel, 2008).

g) La PGF2 α :

Elle est responsable de la lutéolyse et de l'apparition de nouveau de l'œstrus et ovulation. Il est difficile de la doser dans la circulation périphérique à cause de la brièveté de sa demi-vie et de sa sécrétion pulsatile. Cependant, la PGF2 α a un métabolite : la PGFM, qui a une demi-vie plus longue et plus facilement mesurable dans le sang, le sérum et le plasma. La concentration plasmatique de la PGFM, suit la concentration de la PGF2 α (Ginther et First, 1971).

En utilisant les taux de PGFM, comme guide, il apparait que les taux de PGF2 α s'élèvent entre J14 et J17 après ovulation, immédiatement avant que les taux de progestérone commencent à chuter. Chez les juments souffrant de corps jaune persistant, ou gestantes, cette élévation de PGF2 α n'est pas observée. La PGF2 α , sécrétée par l'endomètre, atteint l'ovaire et provoque la lutéolyse via la circulation générale, au contraire de ce qui se passe chez la vache et la brebis où la diffusion se fait par un système porte (Ginther et First, 1971).

Le déclin des taux de progestérone en réponse à une sécrétion de PGF2 α , enlève toute inhibition de la sécrétion de gonadotrophines, permettant ainsi le début des changements hormonaux associés à l'œstrus et à ovulation (Davies-Morel, 2008).

h) L'Ocytocine :

Le signal de présence, ou d'absence de gestation, implique la réaction de l'utérus à l'ocytocine circulante (chez la jument, cette hormone paraît être sécrétée par les glandes endométriales). Entre J14 et J17 après ovulation, le nombre de récepteurs utérins, à ocytocine, atteint un pic lui permettant de stimuler l'endomètre à produire la PGF2 α (Starbuck *et al*, 1998 ; Stout *et al*, 2000). L'ocytocine peut être produite par le corps lutéal chez certaines espèces (brebis), mais il y a des doutes qu'elle le soit chez la jument (Stevenson *et al*, 1991).

En présence d'un conceptus, la production de récepteurs à ocytocine est inhibée, ceci en prévention de l'action de l'ocytocine, pour que la libération de la PGF2 α soit réduite significativement (Tetzke *et al*, 1987 ; Nett, 1993b ; Lamming et Mann, 1995 ; Hansen *et al*, 1999).

II. LE CYCLE ŒSTRAL CHEZ LA JUMENT :

Les cycles oestriens de la jument commencent à la puberté (10 à 24 mois d'âge), chaque cycle dure en moyenne 21 jours. Chaque cycle de 21 jours est une série d'évènements physiologiques et comportementaux, sous contrôle hormonal, qui peut être divisé en quatre phases distinctes (Vassaire, 1977) :

- Le proœstrus : dure en moyenne trois jours et correspond à la maturation folliculaire ; en cette période, la muqueuse utérine est congestionnée et œdémateuse, alors que la musculature augmente d'épaisseur et son activité contractile devient élevée, la muqueuse du vagin est en hyperhémie (Roberts, 1986).

- L'œstrus : sa durée est particulièrement variable chez la jument, une variabilité de 2 à 12 jours, avec une moyenne de 5 à 7 jours, a été rapportée par Daels et Hughes (1992). L'œstrus correspond à la période d'acceptation du mâle et ovulation ; les glandes utérines, cervicales et vaginales secrètent une grande quantité d'un mucus clair et filant, alors que le vagin et la vulve sont congestionnés et tuméfiés.

- Le metaœstrus : dure de 3 à 6 jours, fait suite immédiatement aux chaleurs, et correspond à la période de formation du corps jaune. Les phénomènes congestifs et sécrétoires, au niveau des différentes parties de l'appareil génital, diminuent (Roberts, 1986).

- Le diœstrus : dure 14 à 17 jours en moyenne (Daels et Hughes, 1992) et correspond à la période d'activité du corps jaune ; la femelle refuse l'accouplement et le col utérin est fermé alors que les sécrétions vaginales deviennent épaisses et visqueuses ; la durée du diœstrus est beaucoup moins variable que celle de l'œstrus chez la jument (Ginther, 1978).

a. Les particularités du cycle oestrien chez la jument :

La durée du cycle œstral présente une importante variabilité (15 à 33 jours), essentiellement due à la grande variabilité de la durée des chaleurs (3 à 15 jours) ; seules les chaleurs de poulinage sont très souvent courtes, de 2 à 7 jours (Gilbert, 2005). Des auteurs rapportent des durées de 22,7 jours et 22,5 jours respectivement Ginther (1979), alors que Daels et Hughes (1992) rapportent une durée moyenne du cycle de 19 à 22 jours.

Cette particularité du cycle oestrien de la jument est le principal obstacle au suivi de la reproduction dans l'espèce ; pour assurer un bon suivi de la reproduction, il faut une connaissance du comportement individuel de chaque jument, car la durée du cycle d'une jument donnée est constante, et en plus, il existe des juments ayant régulièrement des chaleurs longues alors que d'autres des chaleurs courtes (Gilbert, 2005).

De façon générale, n'importe quelle variation de la durée du cycle est due à la variation de la durée du proœstrus, de l'œstrus et du metaœstrus, plus que la variation du diœstrus. Par exemple, un cycle de 21 jours, est dû à 15 jours de diœstrus et à 5 jours de proœstrus, œstrus et metaœstrus. Donc, pour une jument avec un cycle de 26 jours, les durées respectives seraient de 15 et 11 jours. Le premier œstrus post-partum, chez la jument, apparaît du 4^e au 10^e jour post-partum, ces chaleurs sont dites chaleurs de poulinage ou Foal heat. Après ces chaleurs, les juments commencent à cycler régulièrement avec des cycles de 21 jours, mais dans plusieurs cas, à cause de la lactation, le système de reproduction prend plus de temps pour revenir à la régularité (Mathews et al, 1967 ; Allen, 1978 ; Ginther, 1992 ; Watson et al, 1994).

b. Les particularités du fonctionnement ovarien chez la jument :

Chez la jument, la croissance folliculaire se fait par vagues ; une vague est caractérisée par la croissance sur les deux ovaires, d'un groupe de follicules (7 à 11) ; au bout de 6 à 7 jours, un follicule dominant (plus de 20 mm de diamètre) émerge et continue sa croissance (follicule préovulatoire) au dépend des autres (follicules atresiques) qui dégènèrent. Au cours d'un cycle, la vague folliculaire principale est celle qui aboutit à ovulation pendant les chaleurs. Chez certaines juments, l'ovulation se fait dans la fosse ovulatoire, de façon spontanée et survient en général la nuit, en moyenne 36 h avant la fin des chaleurs : 79% des ovulations ont lieu au cours des deux derniers jours des chaleurs, 11% le premier jour de refus (Gilbert, 2005).

L'ovulation se produit, normalement, 24 à 36 h avant la fin de l'œstrus, ce qui marque le jour 0 du cycle ; les jours de 1 à 21 représentent le reste du cycle jusqu'à ovulation suivante (Ginther, 1992). La taille du follicule préovulatoire, au moment de la lutéolyse, joue un rôle essentiel dans la variabilité de la durée de la phase folliculaire et la durée des chaleurs ; plus elle est faible, plus la durée des chaleurs est longue. Cependant, quelque soit le mode utilisé pour le suivi de la croissance folliculaire (palpé rectal, échographie), il est impossible de prévoir, à 48 h près, la date d'ovulation. En effet il existe une très grande variation de la taille et de la consistance des

follicules préovulatoires, c'est pourquoi l'ovulation chez la jument n'est détectée qu'à posteriori. Le suivi du développement du follicule préovulatoire permet, cependant, de réduire le nombre de saillies en les centrant sur l'ovulation (Gilbert, 2005).

Le passage du follicule vers la dominance (la sélection) chez les espèces mono-ovulaires domestiques (la vache et la jument) est très relié au diamètre de la déviation (Ginther et *al*, 2003). La déviation commence à la fin de la phase de croissance commune des follicules de la même vague, et se caractérise par la progression du follicule dominant et la régression des follicules subordonnés. Chez la jument, la fin de la phase commune de croissance et le début de la déviation se produisent lorsque le futur follicule dominant atteint un diamètre 22,5 mm. Le développement de vagues anovulatoires durant le cycle oestral rapporté est de 24% (Ginther et *al*, 2003).

Chez certains chevaux, des vagues folliculaires, dites de développement mineur, se caractérisent par le développement de follicules larges sans pourtant atteindre le diamètre de dominance. Le diamètre atteint par le follicule dominant d'une vague majeure avant ovulation peut atteindre 45 mm, alors qu'il est inférieur chez d'autres espèces comme la vache (16 mm, Ginther, 1993).

La concentration du pulse de FSH, qui stimule l'émergence de la vague folliculaire aboutissant à une ovulation commence à diminuer dans la circulation lorsque le plus large follicule atteint un diamètre 13 mm (Bergfelt et Ginther, 1992 ; Gastal et *al*, 1997 ; Donadeu et Ginther, 2001). Le déclin de la concentration continue pendant la période de développement commun des follicules dans la même vague, et même plusieurs jours après le début de la déviation. La nécessité d'une concentration basse de FSH, pour la déviation, est compatible avec la formation de plusieurs follicules dominants, suite à une administration de FSH (Squires et *al*, 1986) ou une dose d'anti-inhibine qui augmente la sécrétion endogène de FSH (Nambo et *al*, 1998).

Plusieurs follicules, pendant la phase de croissance commune, contribuent à la baisse du taux de FSH (Donadeu et Ginther, 2001). Lorsque la concentration de FSH en circulation diminue à un certain seuil, à la fin de la phase de croissance commune, seul le follicule le plus large utilise la FSH circulante et exerce une inhibition sur le taux de FSH (Gastal et *al*, 1999). La LH circulante peut être impliquée dans le phénomène de déviation. Les concentrations de LH sont élevées au moment de la déviation chez la jument (Gastal et *al*, 1997), alors que les concentrations d'estradiol circulant et d'inhibine totale diminuent lorsque les taux de LH sont réduits expérimentalement (Bergfelt et *al*, 2001).

Des études menées chez la jument et la vache indiquent que le follicule le plus large de la vague développe une plus grande sensibilité à la FSH et à la LH au moment de la déviation, par conséquent, il est le seul à pouvoir réagir à un taux bas de gonadotrophines (Ginther et *al*, 2001). D'autres études ont montré que l'estradiol augmente sélectivement dans le follicule dominant avant le début de la déviation, ce qui indique une base temporelle indicative de l'effet de l'estradiol à augmenter la sensibilité du follicule aux gonadotrophines (Gastal et *al*, 1997 ; Bergfelt et *al*, 2001).

Cependant, une plus récente étude (Donadeu et Ginther, 2002) focalisée sur la déviation, a démontré que les concentrations d'estradiol dans le liquide folliculaire, free insulin-like growth factor-1 (IGF-1), activin-A, et inhibin-A, augmentaient sélectivement dans le plus gros follicule, avant d'atteindre le diamètre de déviation. Cette étude menée *in vivo* chez la jument, concorde avec des résultats obtenus chez d'autres espèces comme la vache, qui démontrent la relation entre les quatre facteurs intrafolliculaires, la sensibilité à la FSH, à la LH, et l'expression des récepteurs à gonadotropines dans les cellules de la granulosa (Rosenfeld et *al*, 2001).

c. Les changements physiologiques du tractus génital au cours du cycle :

En plus des changements cycliques, dans les concentrations hormonales, des changements dans le tractus génital de la jument peuvent être observés à cause des fluctuations hormonales. L'épithélium utérin prolifère, au début du diœstrus, en préparation à l'implantation embryonnaire. Les cellules épithéliales actives, apparaissent cylindriques pendant le diœstrus et deviennent inactives et cuboïdes en début de l'œstrus (Ginther, 1992).

Les glandes épithéliales changent aussi de conformation, avec l'évolution du cycle, devenant plus actives et sécrétoires en diœstrus. Des changements caractéristiques dans les sécrétions utérines peuvent être détectés par échographie, sous forme de plis endométriaux, causés par l'œdème au début de l'œstrus, alors que le taux d'estradiol augmente et le taux de progestérone diminue (Pycock, 2000). La concentration de leucocytes dans l'utérus augmente durant l'œstrus pour aider à combattre les infections, alors que l'utérus est vulnérable aux infections. Cette augmentation semble avoir un lien avec l'élévation du taux circulant d'estradiol. L'activité contractile du myomètre varie aussi à son tour ; il est plus actif pendant l'œstrus, encourageant l'expulsion des exsudats utérins, de l'excès de sperme et du plasma séminal en cas de saillie, ce qui est particulièrement important pour prévenir d'éventuelles infections (Davies-Morel, 2008).

Comme le cycle de la jument passe de l'œstrus au dioœstrus pour préparer l'implantation de l'embryon, les changements utérins résultent en l'augmentation de l'épaisseur de la paroi utérine et de son imprégnation sanguine. En l'absence de fécondation, une lutéolyse du corps jaune cause la réduction de l'épaisseur de la paroi utérine (Davies-Morel, 2008).

Le cervix subit aussi des changements durant le cycle, son apparence, vue par vaginoscope, peut être utilisée comme moyen de détection de l'activité reproductive. Pâle, ferme, sec et bien fermé pendant le dioœstrus, le cervix forme une barrière à l'entrée de l'utérus ; alors qu'il est humide en plus de l'augmentation des sécrétions endométriales, rougeâtre et ouvert pendant l'œstrus pour permettre l'entrée du pénis (Warszawsky et al, 1972). La présence ou l'absence de sécrétions dans le vagin est indicative de la phase du cycle, d'autant qu'il est difficile d'introduire un vaginoscope dans le vagin d'une jument en dioœstrus, à cause de la nature épaisse et collante des sécrétions (Davies-Morel, 2008).

d. Le comportement de chaleurs :

Les manifestations de chaleurs sont très constantes chez la même jument ; la détection des chaleurs chez la jument se fait par une observation du comportement de celle-ci, en présence d'un mâle (étalon servant de souffleur). Plusieurs critères sont pris en considération comme signes positifs de chaleurs (clignotement de la vulve, queue levée, jets d'urine et position campée).

Seule la position campée, est un signe significatif à 100%, mais apparent seulement chez 34% des juments. Cependant, il existe des juments qui ont des chaleurs silencieuses pour différentes raisons, qui peuvent être dues à la prédominance du comportement maternel chez les juments suitées, la nervosité ou la timidité de celles-ci (Gilbert, 2005).

L'ovulation est la succession d'une série complexe de changements endocriniens, biochimiques et cytologiques qui aboutissent à l'éclosion du follicule et à l'expulsion d'un ovocyte (Pierson, 1993). Il faut une coordination des différents éléments de suivi de la reproduction pour faire coïncider le moment d'ovulation, avec la saillie ou l'insémination (Ginther, 2000).

Effectuer une saillie après ovulation, diminue considérablement les chances de conception (Koskinen et al, 1990). Un examen répété à 4-6 h d'intervalle pendant l'œstrus permet de prédire l'ovulation, avec plus de précision, cependant, un tel suivi n'est ni pratiquement faisable ni

économiquement rentable, les signes de chaleurs disparaissent dans les 24 h qui suivent l'ovulation, bien que certaines juments ovulent après la fin des chaleurs. Le follicule préovulatoire devient mou 12 heures avant ovulation dans 40% des cas (Ginther, 1979 ; Parker, 1971), mais ce paramètre ne peut être utilisé pour prédire avec précision une ovulation.

La tonicité utérine augmente, pendant les chaleurs, mais les changements ne sont pas spécifiques au temps d'ovulation (England, 1996). La taille des follicules augmente et le diamètre linéaire évolue, durant les sept jours avec une moyenne de 2,7 mm par jour (Ginther, 1979 ; Ginther, 1983), quoique Palmer et Driancourt (1980) rapportent que 24 à 48h avant ovulation, cette évolution s'arrête. Le follicule préovulatoire accuse un très grand changement de forme à l'échographie, ça va de la forme sphérique à conique, ou sous forme d'une poire, mais dans 84% des cas, les follicules gardent leurs formes (Ginther, 1979). De plus, le degré de l'œdème endométrial et le taux du fluide éliminé diminuent avant ovulation, mais ce n'est pas toujours le cas (England, 1996).

III. LA SAISON DE REPRODUCTION DES EQUIDES :

Dans les conditions naturelles, une synchronisation des naissances est observée chez les chevaux (*Equus caballus*) comme chez la plupart des mammifères des régions tempérées ou froides. Les poulinaiges ont lieu pendant la saison la plus favorable pour la survie du jeune, généralement à la fin du printemps. De plus, pour la plupart des animaux vivant dans ces zones, à l'automne, à l'approche du froid, l'organisme privilégie l'énergie alimentaire disponible pour les fonctions de survie (thermorégulation, résistance aux maladies) au détriment, entre autres, de la fonction de reproduction (Nelson, 1999).

Les Équidés n'échappent pas à cette règle, de nombreuses juments ont une période sans ovulation qui débute très approximativement vers le mois d'octobre et s'achève à la fin du mois d'avril (Magistrini *et al*, 1987 ; Hughes *et al*, 1975). La durée de cette phase d'inactivité est extrêmement variable, elle dépend de l'âge de la jument et de son état physiologique. Elle est, à tort, souvent appelée inactivité ovarienne car, pendant cette phase, une croissance folliculaire peut persister, ce qui entraîne des chaleurs anovulatoires, parfois très longues (jusqu'à deux mois), et rend également approximative la dénomination d'anœstrus. L'expression d'inactivité ovulatoire semble la plus appropriée bien que rarement utilisée. Nous utiliserons ici indifféremment soit le terme «anœstrus» soit le terme «inactivité» (Davies-Morel, 2008).

La phase pendant laquelle la jument est cyclique est approximativement centrée sur les jours les plus longs de l'année ; les chevaux sont donc classés parmi les animaux dits « de jours longs ». Ce rythme annuel de reproduction constitue une adaptation éco-physiologique très importante, particulièrement sous des climats arides et froids. Pour les éleveurs, la maîtrise de cette inactivité est un point capital (Davies-Morel, 2008).

Pour diverses compétitions équestres ou courses, les chevaux nés tôt dans l'année présentent significativement de meilleures performances que ceux nés tardivement. Ceci est dû à la différence d'âge réel de ces chevaux, auquel doit se rajouter un effet « milieu ». Chez les poulains destinés à la boucherie, plus la naissance est précoce dans l'année, plus ils sont lourds lors du sevrage et de la vente à l'automne. Ces contraintes économiques incitent donc les éleveurs à mettre leurs juments à la reproduction le plus tôt possible, c'est à dire en Février, au plus profond de la phase d'inactivité du rythme annuel de reproduction (Langlois et Blouin, 1997, 1998).

Les bases zootechniques de la photostimulation de la jument ont été publiées au début des années 1980. Elles faisaient suite aux premiers travaux de Burkhardt (1947). Pour aboutir à l'étalement et à l'avancée du moment des naissances, la compréhension des mécanismes de l'inactivité ovulatoire est indispensable afin de permettre le développement de techniques favorisant l'avancement de la date de première ovulation.

Dans des conditions naturelles d'éclairage, la fonction de reproduction de la jument présente un rythme annuel, qui est la conséquence d'un rythme endogène réglé par la photopériode. La cyclicité rend plus ou moins compte de ce rythme endogène selon l'influence de divers facteurs environnementaux comme la température, la nutrition et l'état d'engraissement (Guillaume, 1996).

Les phases de transition (début de l'automne et fin du printemps) de la période d'inactivité sont des phénomènes progressifs chez la jument. La détermination clinique du stade d'inactivité est généralement obtenue par l'examen échographique répété des ovaires, ou par dosage de la progestérone plasmatique. Les juments présentant de petits ovaires fermes avec des follicules inférieurs à 15 mm de diamètre en Janvier-Février, sont considérées comme en inactivité profonde. Celles chez lesquelles sont observés de gros ovaires avec des follicules supérieurs à 25 ou 30 mm, à la fin de Février ou en Mars, sont présumées être en phase de transition, définie comme étant la période précédant la croissance du follicule conduisant à la première ovulation. La

jument est en inactivité lorsque la progestéronémie est indétectable dans un ou deux prélèvements hebdomadaires, pendant au moins quatre semaines (Nagy *et al*, 1998a).

Certaines juments, peuvent présenter tardivement un début d'inactivité, en Janvier ou Février (Fitzgerald et Schmidt, 1995 ; Nagy *et al*, 1998b). L'activité folliculaire ne représente pas forcément le statut hypothalamo-hypophysaire ou le degré de l'inactivité. En effet, certaines juments développent plusieurs vagues de croissance de follicules anovulatoires, avant la première ovulation de l'année, tandis que d'autres ne montrent pas de croissance folliculaire significative avant celle du follicule ovulatoire (Ginther, 1990). Pour cette raison, le terme d'inactivité ovulatoire est préférable à celui d'inactivité ovarienne. Lors de ces vagues de croissance, la capacité stéroïdogénique des gros follicules augmente (Seamans et Sharp, 1982 ; Davis et Sharp, 1991). De ce fait, dans cette phase de transition, des chaleurs anovulatoires, parfois de très longue durée, sont souvent observées. Roser *et al* (1997) ont démontré que le taux plasmatique d'oestradiol (>10 pg/ml) est l'indicateur le plus fiable de la première ovulation de l'année. Lors d'un cycle normal, l'augmentation de l'échogénicité de l'utérus (aspect œdémateux en « quartiers d'orange ») et le développement folliculaire traduisent la production d'oestrogènes qui indiquerait une ovulation imminente mais ce n'est pas le cas chez les juments en phase de transition (Roser *et al*, 1997).

IV. LA DUREE DE GESTATION CHEZ LA JUMENT :

La durée de la gestation est une variable physiologique, d'une importance économique chez la majorité des animaux domestiques. La période de gestation varie seulement de quelques jours, même si certaines différences sont justifiées par des facteurs génétiques plus que par des facteurs environnementaux (Valera *et al*, 2006). Chez les chevaux, la variabilité de la durée de gestation est plus grande que chez d'autres espèces (Bos et Van Der Mey, 1980). Plusieurs études confirment une grande variabilité dans la durée de gestation dans différentes races équinnes (Pérez *et al*, 2003).

La connaissance de la durée de gestation et la possibilité de prédiction de la date de poulinage pourraient être importantes pour un succès de la gestion de la gestation. L'inaptitude de déterminer avec précision le moment de poulinage, aboutit à un surplus de travail, des coûts élevés de services vétérinaires, ainsi qu'à des risques pour la jument et le poulain (Davies-Morel *et al*, 2002). En outre, pour programmer les naissances dans la même période, les juments peuvent être

groupées selon leur moment de poulinage, en calculant les durées de gestation. Ceci inclut la sélection des juments connues pour des durées de gestation plus longues, qui par conséquent donnent naissance à de plus gros poulains, ce qui peut provoquer, sous certaines conditions, des dystocies, et des juments à durée de gestation plus courte, qui donnent naissance à des poulains plus légers. Plus généralement, n'importe quel facteur pouvant être utilisé pour déterminer le moment de la parturition est très important en industrie équine (Valera *et al*, 2006).

Des durées de gestation de 310 à 380 jours (Rossdale *et al*, 1984) ont été rapportées bien que généralement des durées de 320–360 jours sont considérées comme acceptables (Panchal *et al*, 1995). Cette large variabilité de la durée de gestation pouvant donner un poulain viable, indique que celle-ci, chez la jument, est très sensible aux facteurs génétiques et environnementaux. Selon les études publiées, les facteurs les plus importants qui influencent la durée de gestation chez certaines races, sont liés à l'âge de la mère, au nombre de poulinages, à la nutrition, au sexe du poulain, à l'année, à la saison, au mois de conception et à la photopériode (Hevia *et al*, 1994; Panchal *et al*, 1995; Davies-Morel *et al*, 2002; Vassilev *et al*, 2002). Néanmoins, d'autres facteurs de moindre importance ont été étudiés comme la couleur de la robe (Dring *et al*, 1981; Blesa *et al*, 1999) ou la phase du cycle lunaire (Blesa *et al*, 1999), même si leurs influences ont été non significatives.

Plusieurs études ont confirmé la variation de la durée de gestation dans les différentes races de chevaux (Pérez *et al*, 2003). De là, même si la moyenne trouvée dans la bibliographie pour les différentes races est généralement entre 335 et 345 jours (Pérez *et al*, 2003). Les gestations ayant une durée de moins de 320 jours sont généralement considérées comme courtes ; le poulain peut être prématuré, prédisposé à des maladies néonatales, un poids à la naissance inférieur à la normale et même de l'inaptitude à se mettre debout (Valera *et al*, 2006).

Les gestations d'une durée inférieure de 300 jours donnent des produits non viables, car les organes vitaux ne sont pas complètement développés (Rossdale, 1976), bien que des gestations menées à terme entre 294 à 386 jours donnant des produits viables aient été rapportées.

De même, une gestation d'une durée supérieure à 360 jours est considérée comme gestation prolongée. Dans des cas pareils, le poulain nouveau-né peut montrer une certaine fatigue, un poids élevé par rapport à la normale avec un faible développement musculaire et plusieurs autres anomalies (Rossdale, 1993). Il existe néanmoins des références pour des gestations de 400 jours donnant naissance à des poulains viables : 403 jours (Braunton, 1990) ou 419 jours (West, 1994).

Valera et *al* (2006), ont rapporté cinq gestations supérieures à 360 jours ; dans la même étude, la différence entre la plus longue et la plus courte durée de gestation, donnant naissance à des poulains viables, était de 71 jours chez le pur sang espagnol, avec des gestations de 290 à 361 jours, et de 54 jours (306-360) chez le pur sang arabe.

Dans le cas du pur sang espagnol, des valeurs de 70 jours (Immegart, 1997), et de 40 jours (Davies-Morel et *al*, 2002) sont rapportées. Dans les deux races citées, une marge de différence supérieure à 40 jours est considérée comme acceptable (Rossdale, 1976).

Généralement, la durée de gestation ne peut être utilisée comme seul moyen de déterminer si le poulain est prêt à naître (Valera et *al*, 2006). Lofstedt (1992) a mentionné qu'un retard de développement embryonnaire peut être observé entre le 20^e et le 40^e jour de gestation, ce qui est associé à un taux plasmatique inférieur de progestérone.

Cependant, les gestations prolongées chez le pur sang Arabe ont trouvé leur explication chez les juments élevées dans la péninsule ibérique, par le nombre élevé d'heures d'ensoleillement en Espagne et les conditions climatiques spécifiques de la région (Valera et *al*, 2006).

Chaque espèce possède un taux de développement génétiquement déterminé, et la naissance se produit suite à un signal émis lorsque le fœtus atteint le volume et/ou la maturité appropriée (Jenkin et Young, 2004). Le signal peut être traduit par la mère (ex. le volume utérin, le fœtus (ex. restriction de nutriments) ou le placenta (ex. une élévation des demandes nutritives du fœtus). Chez la majorité des espèces d'animaux domestiques, le rôle du fœtus est clair (Lye, 1996), puisque c'est important que le fœtus naisse dans un moment propice où il est capable de survivre dans l'environnement extra-utérin.

Chez les chevaux, il n'y a pas de grands indicateurs concernant le rôle initiateur du fœtus dans le déclenchement de la parturition (Liggins et Thorburn, 1994), bien que Allen et *al* (2002) montrent un effet significatif du génome fœtal sur la durée de gestation. Ils montrent l'interaction des influences de la taille de la mère et du génotype du poulain sur le développement placentaire et fœtal chez la jument, en comparant des poulinaiges expérimentaux après transfert embryonnaire entre espèces. Le moment opportun de la naissance d'un fœtus mature, approprié à l'espèce, requière la synchronisation de certains mécanismes du développement fœtal, avec les mécanismes maternels, qui affectent le poulinaige. Chez les chevaux, le profil du cortisol augmente seulement

48 h avant le poulinage et l'administration de glucocorticoïdes ne provoque pas le travail chez la mère, comme dans d'autres espèces animales (Jenkin et Young, 2004).

L'âge de la mère est aussi considéré comme un important facteur de variation de la durée de gestation par plusieurs auteurs (Akkayan et Demirtel, 1974; Platt, 1979; Bos et Van Der Mey, 1980; Demirci, 1988), mais d'autres auteurs n'ont trouvé aucune différence par rapport à ce facteur (Hintz et *al*, 1979b; Vivo et *al*, 1983; Pérez et *al*, 1997; Kurtz Filho et *al*, 1997; Sanchez et *al*, 1999; Davies-Morel et *al*, 2002). L'influence de l'âge de la mère est probablement due à la diminution de l'efficacité nutritionnelle de l'utérus et du placenta en même temps (Pashan et Allen, 1979) et/ou le métabolisme hormonal qui mène à la vieillesse (Gluckman et Hanson, 2004), en conséquence de l'âge et de la multiparité. Un ralentissement de la croissance utérine conduit à une prolongation de la gestation. Alternativement, d'autres auteurs ont conclu que les juments primipares ont une durée de gestation plus courte que les autres juments plus âgées (Schermerhorn et *al*, 1980).

L'effet de la consanguinité sur les différents paramètres de reproduction a été profondément discuté dans différentes populations (Mahon et Cunningham, 1982; Klemetsdal et Johnson, 1989; Cunningham, 1991). Néanmoins, le manque d'association entre la durée de gestation et le coefficient de consanguinité sur la mère et le poulain paraît s'accorder plus avec une absence de l'influence qu'un degré moindre de consanguinité (Pérez et *al*, 1997). Ceci est en concordance avec les affirmations de Torres et *al* (1977) qui considère que l'effet de la consanguinité est manifeste dans la phase zygote au début du développement embryonnaire, mais ne trouve aucune donnée qui soutient son influence dans les stades plus avancés de la vie utérine.

La variabilité de la durée de gestation est influencée à 10% par le mois et l'année de conception. Des résultats montrent que la saison de reproduction affecte la durée de gestation, et que la gestation se raccourcit lorsque la saison avance (Valera et *al*, 2006). Des gestations plus longues ont été observées chez les juments saillies tôt dans la saison de reproduction (Hintz et *al*, 1979b; Arora et *al*, 1983). Les poulinages, chez les juments saillies tard dans la saison, sont significativement plus courts que ceux des juments saillies dans la période de transition ou durant la période de reproduction, alors que la variation était plus grande lorsque les juments ont été saillies hors saison (Platt, 1984 ; Perez et *al*, 2003).

Ces différences peuvent être influencées par plusieurs facteurs, comme les conditions d'alimentation ou de température. Langlois (1973) et Hafez (1987) ont indiqué que les juments

ayant un régime alimentaire adéquat ont une durée de gestation plus courte que les juments sujettes à des restrictions alimentaires. De plus, la nutrition peut accélérer ou retarder la croissance foetale et l'acquisition de la maturité prénatale. Néanmoins, il paraît que la cause de cette variation est la photopériode, du moment qu'elle affecte le système nerveux maternel. Le mécanisme précis impliqué reste, cependant pas très clair, même si Sharp (1988) a suggéré l'implication de la mélatonine. Les travaux de Hodge et *al* (1982) ont démontré que les juments sujettes à 16 h de lumière par jour, progressivement à partir du 1^{er} Décembre, ont des naissances anticipées. Ces suggestions vont de pair avec celles de Langlois (1973), qui rapporte que l'environnement hormonal chez la jument peut être altéré par les variations dans le rythme circadien.

Il a été suggéré que la variation dans la durée d'éclairement peut causer des variations considérables dans la durée de gestation chez les équidés par modification du taux de maturation foetale à l'approche du poulainage (Pérez et *al*, 2003). La jument est capable d'avancer la parturition quand la durée d'éclairement par jour est courte, ce qui peut être interprété par la fin de la saison de reproduction. Le mécanisme d'adaptation naturelle permet aux poulains nouveaux-nés d'accéder aux meilleures ressources nutritives de l'environnement. Lorsque la longueur du jour était au maximum (Mai-Juin), la durée de gestation est au minimum (sans éclairage artificiel) (Valera et *al*, 2006). Une association entre l'augmentation de la durée du jour et l'augmentation de la température de l'environnement diminue la durée de gestation (Astudillo et *al*, 1960).

La durée de gestation est aussi influencée par le sexe du poulain. Vivo et *al* (1983) et Pérez et *al* (2003) ont trouvé que les poulains mâles ont une durée de gestation plus longue de 2 à 3 jours par rapport aux femelles. Bien qu'il soit généralement accepté que les produits mâles de plusieurs espèces ont des durées de gestation plus longues que celles des produits femelles, toutefois la raison reste ignorée (Valera et *al*, 2006). La durée de gestation, plus longue chez les poulains mâles, a été justifiée par l'action des androgènes (Zegher et *al*, 1999), aux différentes fonctions endocrines des fœtus mâles et femelles, qui interagissent différemment avec le contrôle de la parturition (Jainudeen et Hafez, 2000) et aux effets des chromosomes sexuels (Pergament et *al*, 1994).

CHAPITRE II : INFLUENCE DE L'ALIMENTATION SUR LA REPRODUCTION DE LA JUMENT

L'alimentation joue un rôle fondamental dans le bon fonctionnement de l'appareil reproducteur. La fonction de reproduction, est en effet la première à souffrir d'un défaut de gestion alimentaire, et ce souvent de manière insidieuse, car sans autres signes apparents et de manière différée dans le temps. De plus la photostimulation évoquée dans le précédent chapitre est illusoire et sans effet sur une jument maigre. Ceci souligne donc l'influence du niveau alimentaire, mais il va de soi que la qualité de la ration a aussi son importance (Druet, 2005).

I. RELATION ENTRE LA SAISON ET L'ALIMENTATION

En élevage extensif, l'alimentation est elle-même dépendante de la saison, aussi bien en termes de quantité que de qualité. L'hiver, les pâtures sont au repos, les chevaux sont nourris essentiellement à base de foin et d'aliments complémentaires. Dès le printemps, les animaux sont de nouveau lâchés dans les pâtures avec l'herbe pour seul aliment. La quantité et la qualité de cette herbe n'est pas non plus constante au cours de la saison : l'herbe jeune de printemps est riche en eau et en azote puis elle s'enrichit en cellulose et s'appauvrit en protéines (Druet, 2005).

La qualité du fourrage (herbe, foin, luzerne...) n'est pas non plus la même d'une année à l'autre. Elle est le reflet des conditions climatiques au moment de la pousse aussi bien qu'au moment de la récolte et de la gestion des sols par son récoltant. Il est donc recommandé de faire des analyses régulières de son fourrage afin d'adapter la ration au mieux (Druet, 2005).

II. INFLUENCE DE L'ÉTAT CORPOREL :

Conséquence directe mais différée du niveau alimentaire, l'état corporel joue beaucoup sur les capacités reproductrices de la jument. Si la maigreur extrême semble avoir des conséquences quasi-évidentes, l'embonpoint est tout aussi préjudiciable (Druet, 2005).

a. Estimation de l'état corporel :

D'une façon générale, pour bien alimenter un équidé, il est important d'être capable d'évaluer s'il est maigre, bien alimenté ou encore trop gras. Pour évaluer l'état corporel, des critères visuels ont

été définis. Henneke et al (1983) ont défini six régions anatomiques qu'il convient d'observer afin d'évaluer au mieux l'état d'embonpoint d'un cheval. Il s'agit du chignon (bord supérieur de l'encolure), du garrot, de la ligne du dos (ligne des processus épineux), de l'arrière de l'épaule, des côtes et de l'attache de la queue. En 1990, l'INRA (Martin-Rosset, 1990) publie un indice d'évaluation de l'état corporel des chevaux de sport et de selle et ajoute à cette liste un septième site qui est la croupe. Ces sites présentent l'avantage d'être relativement sensibles aux changements quantitatifs de la part de masse grasse corporelle. L'évaluation visuelle s'avérant insuffisante pour un bilan précis, elle s'accompagne systématiquement d'une palpation manuelle dont le but est d'estimer l'importance, la consistance et la forme des dépôts adipeux sous-cutanés dans ces régions.

Si l'on suit l'échelle proposée par Henneke et al (1983) (Figure N°01), on assigne au cheval une note d'état corporel située entre 1 et 9 selon les résultats de l'observation visuelle et de la palpation. En allant de 1 à 9, les différents états correspondent respectivement à pauvre, très maigre, maigre, légèrement maigre, modéré, modérément charnu, charnu, gros, extrêmement gros. L'INRA propose quant à elle une échelle allant de 0 à 5, la note 3 correspondant à un embonpoint normal.

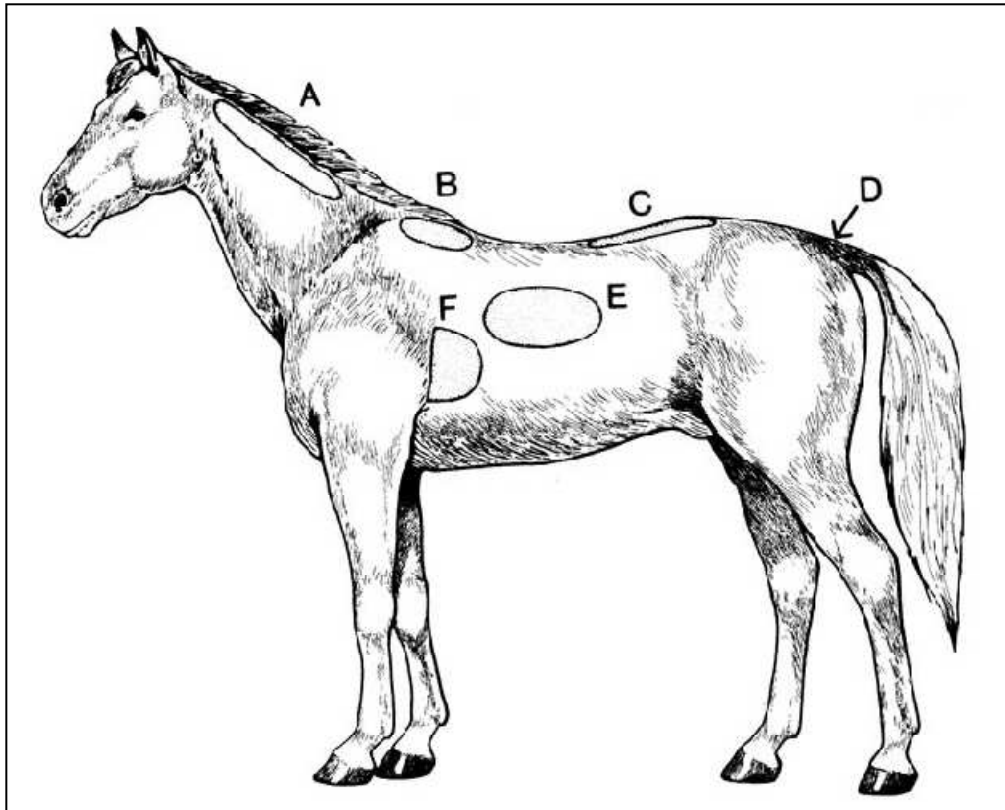


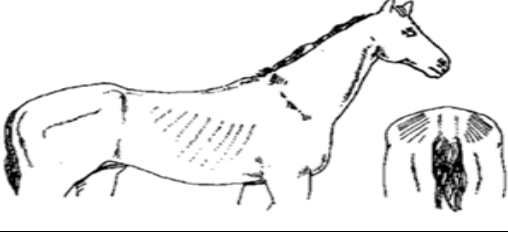


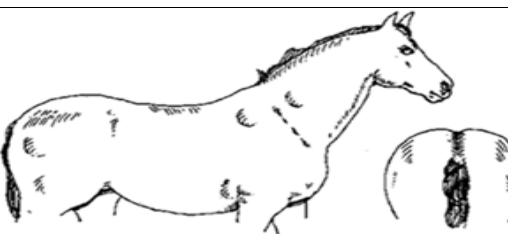


Figure N° 01 : Représentation des aires à palper pour évaluer l'état corporel d'un cheval : chignon (A), garrot (B), ligne du dessus (C), attache de la queue (D), côtes (E), arrière de l'épaule (F) (Henneke et *al*, 1983)

Tableau N°01 : Note d'état corporel chez la jument (Attwood, 2000)

Très maigre		Croupes très enfoncés. Cavité profonde sous la queue. Peau tendue sur les os. Épine dorsale et bassin très proéminents. Cou a sillon marqué.
1 Maigre		Croupe en contrebas. Cavité sous la queue. Côtes facilement visibles. Épine dorsale et la croupe en premier plan Le cou étroit et mou
2 Modéré		Croupe plate de chaque côté de la colonne vertébrale. Côtes à peine visible. Cou étroit, mais ferme. Epine dorsale bien couverte.
3 Bon		Croupe arrondie. Côtes à peine recouvertes, mais facile à sentir. Cou ferme et sans crête.
4 Gras		Croupe bien arrondie. Une gouttière le long du dos. Côtes et os du bassin difficile à sentir. Légère crête.
5 Très gras		Croupe très bombée. Gouttière profonde le long du dos. Côtes très couvertes. Crête marquée. Plier et morceaux de graisse.

b. Modifications associées aux variations de l'état corporel :

Des variations de l'état corporel de la jument sont rapportées classiquement au cours de son cycle (Martin-Rosset, 1990). On note en général une perte d'état en fin de gestation et début de lactation, puis une reprise une fois passé le premier mois de lactation. Ces variations d'état corporel sont à mettre en relation avec des variations de poids : la jument prend du poids avec la croissance du fœtus durant les quatre derniers mois de gestation ; elle perd 10 à 14 % de son poids vif à la mise bas (fœtus, enveloppes, liquides) et peut encore en perdre en début de lactation (Martin-Rosset, 1990).

- **Influence sur la cyclicité :**

Une observation faite depuis longtemps laissait déjà supposer une influence de l'état corporel : l'inactivité ovarienne est plus longue chez les juments ayant allaité l'été précédent, c'est-à-dire dont l'état corporel a été plus ou moins fortement déprimé par les dépenses énergétiques que demande la lactation. A l'inverse, la phase d'inactivité ovarienne se trouve écourtée si les juments prennent du poids en début du printemps (Guillaume et *al*, 2001).

Henneke et *al* (1983) ont montré que l'intervalle entre la mise bas et la première ovulation est significativement plus long (2 jours pour la première ovulation, environ 10 jours pour la seconde) chez les juments qui ont un score d'engraissement inférieur à 5 comparées à celles dont le score d'engraissement est supérieur à 5. Il est également intéressant de noter que les jeunes juments (2 à 5 ans), qui sont physiologiquement moins grasses que leurs congénères plus âgées, entrent en inactivité ovarienne plus tôt dans la saison, contrairement aux plus âgées qui continuent leurs cycles plus ou moins longtemps au cours de l'hiver (Gentry et *al*, 2002).

La relation entre l'apport énergétique et l'état d'engraissement pour les performances reproductrices des juments non gestantes a été évalué par Kubiak et *al* (1986), ils ont constaté qu'un apport énergétique élevé (150% des apports recommandés par le NRC à des juments n'ayant pas encore repris leur cyclicité en Mars) écourte la phase de transition chez des juments à état d'engraissement faible mais ne profite pas aux juments de condition modérée à grasse. Les auteurs suggèrent que les juments non suitées devraient être entretenues avant la saison de reproduction (en automne et en hiver) dans l'objectif de maintenir un taux de graisse d'environ 15%, un score d'engraissement d'environ 5, et de garder un bilan énergétique positif afin d'obtenir une première ovulation précoce. Mais un état d'adiposité excessive peut également s'avérer

néfaste. Il peut provoquer des lésions dégénératives de type graisseux au niveau de l'ovaire constituant un obstacle au développement et à la déhiscence des follicules (Chodkowski, 1985).

- **Influence sur la gestation**

Le taux de gestation chute significativement si la jument est sous nourrie (correspondant à une note d'état corporel inférieure à 5 sur l'échelle de Henneke (Henneke et *al*, 1983) ou à 2,5 sur celle de l'INRA (Baudoin et Arnaud, 1999; 2003). Cette diminution est majorée en cas de lactation concomitante. L'état corporel joue sur le nombre de cycles nécessaires à l'obtention d'une gestation, car la sous-nutrition diminue non seulement le taux de conception (de 50% au bout de trois cycles) mais également les chances de survie de l'embryon (75% de mortalité embryonnaire contre 0% chez des juments nourries pour couvrir leurs besoins) (Henneke et *al*, 1983).

Selon Henneke et al (1983), la gestation ne semble pas être influencée par l'état corporel : le poids du poulain à la naissance, sa taille ou bien sa circonférence cardiaque ne sont pas modifiés. Ce n'est pas l'avis de Wolter qui estime qu'une suralimentation forte et prolongée augmente quelque peu le poids du nouveau-né et augmente légèrement le temps de gestation (Wolter, 1999).

Il ne faut néanmoins pas chercher à engraisser coûte que coûte une jument constatée trop maigre, surtout après le part, car la quantité d'aliment nécessaire pour obtenir un gain de poids dans une période de telles dépenses énergétiques (dues à la lactation) augmente de façon significative le risque de coliques. L'obésité peut, quant-à elle, poser de nombreux problèmes, et des inconvénients comme des ennuis locomoteurs : un surpoids permanent majoré par celui d'une gestation sollicite énormément l'appareil locomoteur, d'où l'apparition de boiteries (Druet, 2005). Ces gênes locomotrices, si elles sont marquées, peuvent devenir un véritable handicap pour la nutrition ou l'abreuvement, avec des répercussions à terme inévitables sur la santé de la jument et/ou de son fœtus. Ensuite un problème se pose au moment de la mise bas ; la jument obèse voit sa cavité pelvienne tapissée de dépôts adipeux qui rétrécissent parfois de façon significative la filière pelvienne, empêchant le part de se dérouler normalement, augmentant ainsi le risque de dystocie (Druet, 2005).

- **Influence sur la lactation :**

Une jument maigre en lactation donne la priorité à l'allaitement de son poulain au détriment d'une reprise éventuelle de sa cyclicité. Mais en cas de dénutrition sévère, la production laitière peut s'en trouver affectée au point de ne plus suffire à l'alimentation correcte d'un jeune en croissance. L'obésité est aussi responsable d'une diminution de la production de lait. Une hypothèse avancée (Kubiak et *al*, 1991) serait que la jument obèse voit son appétit déprimé par les fortes réserves énergétiques qu'elle possède, par conséquent la production laitière s'en ralentirait. L'état corporel joue donc essentiellement sur la quantité de lait produite mais ne semble pas influencer de manière notable sur sa composition (Kubiak et *al*, 1991), du moins sur les pourcentages relatifs protéines/glucides/lipides.

Au final, l'INRA formule quelques recommandations pratiques (Martin-Rosset, 1990). A l'automne, la jument doit être en bon état (note d'état corporel de 3,5 sur 5) pour être alimentée à un moindre coût pendant l'hiver dans le cas des juments lourdes ou de loisir, ou pour permettre aux juments de course d'avoir une production laitière proche du potentiel génétique et sevrer un poulain ayant un développement maximum. Au poulinage, la note d'état corporel devrait être de 2,5 au minimum quel que soit le type de jument. Au terme du premier mois de lactation, la jument devrait avoir retrouvé une note d'état corporel de 3.

III. INFLUENCE DU NIVEAU ALIMENTAIRE DE LA QUALITE DES NUTRIMENTS ET DE L'EQUILIBRE NUTRITIONNEL :

Selon Wolter (1975, 1992, 1999), la malnutrition est un des facteurs responsables majeurs de l'infertilité de la jument dont l'importance est largement sous-estimée, d'où une prévention insuffisante. Cette tendance au sous-diagnostic est principalement due au fait que l'infertilité nutritionnelle est souvent différée par rapport à la période de sous-alimentation. Nous envisagerons donc ici les particularités de la jument gestante ou allaitante. Il s'agit d'étudier en quoi les besoins de production que constitue l'élaboration d'un fœtus ou la production laitière diffèrent des simples besoins d'entretien, et en quoi le non respect de ces exigences alimentaires peut déprécier le potentiel reproducteur de la jument.

a. Influence du niveau alimentaire :

Les besoins nutritionnels totaux d'une jument poulinière sont constitués de ses besoins d'entretien, de gestation et/ou de lactation et éventuellement des besoins de croissance pour les pouliches poulinant pour la première fois à quatre ans mais surtout à trois ans (Martin-Rosset, 1990).

Ce n'est que durant les quatre derniers mois de gestation que les besoins nutritionnels de la mère diffèrent vraiment des besoins d'entretien (Martin-Rosset, 1990 ; NRC, 1989). En effet, pendant les sept premiers mois de gestation, le gain de poids des juments, lié à la croissance du fœtus, est faible. Il est maximal au cours des trois mois précédant le poulinage et représente 8 à 10% du poids vif de la jument mesuré 24 h après la mise bas (Martin-Rosset, 1990). La croissance du fœtus se répartit, du huitième au onzième mois, à raison de 18, 19, 20 et 23% du poids du poulain nouveau-né (Meyer et Ahlswede cités par Jarrige et Martin-Rosset, 1984).

Afin de satisfaire cette augmentation des besoins, une supplémentation est nécessaire, surtout si l'état corporel de la jument est jugé insuffisant, et en particulier si, pour des raisons économiques, une restriction des apports alimentaires a été effectuée en hiver dans le cas des animaux élevés pour leur viande (Martin-Rosset, 1990). Cette supplémentation comble les déficits que la simple augmentation du niveau d'ingestion du fourrage n'arrive pas à compenser. Elle permet aussi d'ajuster les apports en vitamines et oligo-éléments. En pratique, on ajoute progressivement de 1 à 3 kg de complément de fin de gestation du huitième au onzième mois.

Un apport énergétique en excès par rapport à la couverture des dépenses n'affecte pas sensiblement le poids du poulain à la naissance, mais se traduit par un engraissement des juments (Jarrige et Martin-Rosset, 1984). Une restriction alimentaire modérée par l'apport de 80% environ des besoins n'a aucune influence sur le poids des poulains à la naissance, leur vitalité ou la santé de la mère (Jarrige et Martin-Rosset, 1984). Banach et Evans, cités par Jarrige et Martin-Rosset (1984), ont distribué à des juments de selle pendant les trois derniers mois précédant le poulinage un régime couvrant 55% des recommandations énergétiques du NRC, le besoin azoté restant largement couvert. Ils n'ont observé aucune variation du poids à la naissance du poulain ou de la durée de gestation. En revanche, les juments ont perdu 900 g/j de masse corporelle.

Il est donc possible de sous-alimenter fortement les juments en fin de gestation à condition d'apporter suffisamment d'azote, de minéraux et de vitamines. La jument est capable de puiser amplement dans ses réserves lipidiques corporelles pour assurer le développement du fœtus. Cette

restriction énergétique n'est possible évidemment que si les juments sont en bon état corporel au début de la période de restriction (Jarrige et Martin-Rosset, 1984). De plus si les juments sont grasses, on peut craindre un syndrome hyperlipémique se traduisant par de la diarrhée, de l'anorexie, de la somnolence, de l'œdème ventral pouvant conduire à la mort des sujets (Gabillet, 1993 ; NRC, 1989). La lipolyse est alors excessive et le foie est dépassé devant l'excès de triglycérides synthétisés (stéatose hépatique).

La connaissance des besoins à mi-lactation est limitée et les juments retournent souvent en pâture à cette période (Doreau et *al*, 1988b). Un accroissement des apports énergétiques se traduit le plus souvent par une augmentation de la production laitière et par un gain de poids de la jument (Jarrige et Martin-Rosset, 1984). Plusieurs auteurs (Doreau et *al*, 1988b ; Van Niekerk et Van Heerden, 1972) rapportent les effets bénéfiques d'une balance énergétique positive : stimulation de l'activité ovarienne et sortie plus précoce de la phase d'inactivité ovarienne saisonnière. Une observation du même ordre est effectuée par Henneke et Kreider (1979) qui constatent une première ovulation post-partum plus précoce lorsque la tétée du poulain est limitée.

Néanmoins une suralimentation énergétique chez des juments non allaitantes n'aurait pas d'effet favorable sur le taux de fécondation (Jarrige et Martin-Rosset, 1984). Un apport énergétique supérieur aux apports recommandés n'apporte donc qu'un bénéfice limité à mettre en balance avec le coût d'une telle supplémentation. On peut la réserver aux juments allaitantes dont l'état corporel est jugé insuffisant et à celles qui poulinent tard en saison afin de hâter la nouvelle fécondation.

Les effets d'une sous-alimentation énergétique ne font pas l'unanimité. Une sous-alimentation modérée semble être responsable d'une diminution de la production laitière (Jarrige et Martin-Rosset, 1984). Henneke et *al* (1983) ne rapportent pas d'influence des apports énergétiques sur les performances reproductrices des juments en bonne condition, alors que Van Niekerk et Van Heerden (1972) affirment qu'une sous-alimentation énergétique retarderait l'apparition des chaleurs de poulinage, et augmenterait le taux de mortalité embryonnaire, si elle se poursuit après la fécondation.

D'un point de vue pratique, Doreau et Boulot (1989) ont montré que la jument en début de lactation est capable d'accroître son niveau d'ingestion si on lui fournit un fourrage de qualité moyenne à volonté, limitant ainsi à 5% de la matière sèche ingérée l'apport de concentrés. Le choix du rapport fourrage/concentrés n'est donc pas une donnée fixe et immuable mais le résultat

d'un choix de l'éleveur compte tenu de ses stocks de fourrage (ou des pâtures disponibles), de la qualité de ceux-ci et de son budget alloué aux concentrés. L'intérêt des concentrés est d'apporter ce que les fourrages ne fournissent pas ou alors en quantité insuffisante.

Enfin, les performances reproductrices de la jument sont optimales chez l'animal en bon état corporel, recevant les apports recommandés. Bien que la jument soit capable de mobiliser ses réserves adipeuses, la sous nourrir ne peut que nuire à ses performances (Doreau et *al*, 1988b). Il est important de noter que toutes ces adaptations du niveau alimentaire doivent se faire sans changement brutal de régime sous peine d'engendrer des désordres digestifs. Il existe cependant un cas particulier où un changement soudain d'alimentation est parfois préconisé (Bruyas et *al*, 1997 ; Merkt et *al*, 1982; Osborne, 2001 ;Viollet, 1986), lors de gestations gémellaires. La restriction alimentaire imposée consiste à arrêter la distribution d'aliments complets et de céréales et à n'apporter qu'un peu de foin de prairie. On associe généralement ce traitement à un confinement de la jument au box en permanence. Un tel régime est réputé favoriser la résorption d'un des deux embryons et nécessite un suivi échographique régulier de la jument afin de rétablir le plus vite possible un régime adapté à sa gestation. Le taux de succès accordé à cette méthode est d'environ 60% (Bruyas et *al*, 1997 ; Merkt et *al*, 1982), mais certains auteurs (Bruyas et *al*, 1997 ; Osborne, 2001) pensent que la réussite de ce protocole n'est en fait due qu'à la résorption embryonnaire naturelle, responsable chez la jument, de l'élimination d'une des vésicules dans 85% des cas, pour peu que la gestation soit unilatérale. On sait en effet qu'en cas de gestation bilatérale il n'y a pas de résorption spontanée à attendre (Bruyas et *al*, 1997). Cette technique est donc très contraignante et sans réelle efficacité prouvée, elle augmente le risque de perdre les deux vésicules même si le suivi échographique est fait régulièrement. Un niveau alimentaire bien adapté bénéficie à la fois à la sécrétion lactée et à la fertilité mais ces dernières sont aussi grandement tributaires de l'équilibre de la ration.

b. Influence des apports protéiques :

- **Apport quantitatif**

La valeur azotée des aliments est exprimée en g de MADc (Matière Azotée Digestible cheval) qui correspond à une évaluation de la quantité et de la qualité des matières azotées effectivement digérées par le cheval. Le système MADc évalue le coefficient d'utilisation digestive des matières azotées apportées dans la ration. L'étude de Meyer et Ahlswede (cités par Jarrige et Martin-Rosset, 1984) fournit une base quantitative pour estimer le besoin supplémentaire engendré par la gestation. Le fœtus se développe rapidement à partir du huitième mois. La quantité de protéines

fixée est successivement de 14, 22, 23 et 31 g au cours des 8ème, 9ème, 10ème et 11ème mois pour un poids d'environ 60 kg à la naissance. Il faudrait majorer ces besoins d'environ 20% pour tenir compte des quantités fixées parallèlement dans les annexes fœtales et dans les tissus maternels (Meyer et Ahlswede cités par Jarrige et Martin-Rosset, 1984).

La jument est capable de mobiliser des protéines de son organisme pour couvrir ses dépenses azotées lorsque l'apport alimentaire est insuffisant. Cela permet des économies d'aliment pendant la période hivernale (Jarrige et Martin-Rosset, 1984). Cependant, en l'absence de données précises sur l'influence d'un déficit protéique de la ration sur les performances reproductrices de la jument, il est plus prudent de limiter le recours à cette mobilisation. En effet il a déjà été montré que le taux de progestérone circulant dépend du taux protéique de la ration (NRC, 1989).

Doreau et *al* (1988a) ont indiqué qu'aucune diminution des performances reproductrices n'est à mettre en relation avec une restriction azotée. Le taux de fécondation reste le même que lorsque les besoins sont couverts, mais l'on note une tendance à l'augmentation de l'intervalle poulinage-première ovulation (Jarrige et Martin-Rosset, 1984) ainsi qu'une diminution du taux de fécondation lors des chaleurs de poulinage (Jarrige et Martin-Rosset, 1984).

Concernant la jument allaitante, la couverture des besoins en comparaison avec un régime pauvre en azote favoriserait la teneur en matières azotées du lait (Doreau et *al*, 1988a ; NRC, 1989) et donc par là même la croissance des poulains, au moins durant le premier mois, car au-delà, l'ingestion d'herbe par le poulain lui permet de compenser ce déficit (Doreau et *al*, 1988a). Peu de données concernent l'influence d'un excès azoté sur la jument reproductrice. Wolter (1999) suggère qu'un excès protéique favoriserait l'intoxication de l'embryon par les produits issus de la dégradation de l'azote tel que l'ammoniac. Quoiqu'il en soit, un apport excédentaire n'est pas économique pour l'éleveur.

- **Apport qualitatif**

Des protéines de bonne qualité entraînent un meilleur taux de conception (les juments supplémentées remplissent dès leur premier cycle contre une moyenne de 2,5 cycles pour les autres) et une diminution des chaleurs anormales. Elles préviennent les pertes embryonnaires précoces (7,5% de mortalité embryonnaire précoce chez les juments supplémentées contre 35,7% pour les autres) en augmentant le taux de progestérone circulant généré par le corps jaune primaire

par stimulation de la sécrétion de LH. Elles influent peu sur le délai d'apparition des chaleurs de lait. Du fait de sa production de protéines riches en acides aminés indispensables, la jument en lactation devrait avoir des besoins accrus. Or, on ne dispose d'aucune expérience à ce sujet si ce n'est qu'une supplémentation de la ration en lysine ou en méthionine entraîne une augmentation des teneurs sanguines correspondantes (Rogers et *al.* cités par Doreau et *al.*, 1988a ; Jarrige et Martin-Rosset, 1984).

L'utilisation d'azote non protéique (urée, ammoniac) par le cheval est sujette à controverse (NRC, 1989). Quand bien même le cheval serait capable d'utiliser une faible partie de l'azote non protéique de sa ration, cela ne suffirait pas à combler les besoins d'une jument en lactation ou d'un poulain en croissance. L'urée, bien que tolérée, n'a aucun intérêt nutritionnel chez le cheval. La production laitière quantitative de la jument est d'ailleurs diminuée lorsque la majeure partie de l'apport azoté est fait sous forme d'urée.

Dans la gestion de l'alimentation de la jument, il est important de noter que l'apport protéique de la ration est différent du pourcentage de protéines présentes dans celle-ci. C'est tout l'intérêt du système MADc qui tient compte de la quantité de protéines effectivement utilisables par la jument en fonction du type d'aliment fourni. D'un point de vue pratique, une ration pour jument au dernier tiers de sa gestation, constituée d'un mauvais foin et d'avoine, ne fournira pas, quantitativement et qualitativement, assez de protéines (ni de calcium).

c. Influence de l'apport lipidique

L'incorporation de lipides à la ration de la jument reproductrice peut sembler intéressante, particulièrement lorsque les besoins énergétiques sont élevés, en fin de gestation ou en début de lactation. Les chevaux acceptent facilement l'addition de matières grasses à leur ration pourvu que celles-ci ne soient pas rances (Martin-Rosset, 1990). Un délai de 15 à 20 jours est nécessaire pour une bonne adaptation du cheval à l'utilisation de cette forme d'énergie (Benoit, 2004). En général, on note une légère diminution de la prise alimentaire associée à un régime riche en graisses (10% en comparaison d'une alimentation naturelle contenant 2% de matières grasses) (Davidson et *al.*, 1991 ; Martin-Rosset, 1990).

L'addition de lipides à la ration de juments en bon état général ne semble pas hâter la reprise de leur cyclicité (Martin-Rosset, 1990). L'incorporation de matières grasses (huile de maïs riche en

acide linoléique) au régime des juments allaitantes permet une vitesse de croissance de leurs poulains plus importante par rapport aux poulains des juments non supplémentées (Martin-Rosset, 1990).

Les travaux de Davidson et *al* (1991) indiquent une légère tendance à l'amélioration des performances reproductrices de la jument (diminution du délai d'apparition des chaleurs de lait, augmentation du taux de fécondation) lors d'incorporation de matières grasses (soja riche en acide α linoléique) à la ration bien que ces résultats ne soient pas significatifs. Ce régime s'accompagne également d'une augmentation du taux de matières grasses du lait et d'une vitesse de croissance des poulains plus rapide lors de leur première semaine de vie.

Les besoins quantitatifs des équidés en acides gras essentiels ne sont pas connus à l'heure actuelle. Néanmoins, du point de vue qualitatif, le NRC (1989) recommande l'incorporation dans toute ration d'au moins 0,5% d'acide linoléique.

d. Influence de la composition minérale de la ration :

Les effets sur la reproduction de la jument d'un déficit en tel ou tel minéral sont très mal connus (Martin-Rosset, 1990). Les besoins en certains minéraux évoluent en fonction du stade reproducteur de la jument. Il s'agit bien évidemment du calcium et du phosphore, nécessaires à la minéralisation du squelette du fœtus et dont les besoins augmentent pendant le dernier tiers de la gestation et la lactation. Les besoins en potassium, sodium et magnésium augmentent aussi aux mêmes périodes mais dans une moindre proportion (NRC, 1989 ; Schryver, 1986).

Seuls les effets d'un défaut ou d'un excès d'iode sont un peu mieux connus chez la jument. La carence d'une ration en iode est favorisée par l'ingestion de plantes renfermant des thiocyanates (crucifères), de protéines de soja insuffisamment traitées par la chaleur, une carence ou un excès en cobalt, une carence en vitamine A, une eau riche en calcium ou en magnésium, ou encore par la vie en zone montagneuse (Chodkowski, 1985). Un défaut d'iode peut entraîner l'apparition de cycles anormaux chez la jument (NRC, 1989). Les poulains issus de mères carencées naissent goitreux, faibles et sont plus sensibles à la mortalité (Bridget et *al*, 1975). Il faut donc bien identifier la nature du trouble avant de corriger la teneur en iode de la ration dans un sens ou dans l'autre (Bridget et *al*, 1975).

On pense également qu'un déficit en cuivre augmenterait l'incidence de rupture de l'utérus (Bruneau et *al*, 1999) et l'artère utérine chez les juments âgées (NRC, 1989). Voss et Pickett (1974) ont étudié l'influence d'un apport minéral supérieur aux recommandations du NRC sur les capacités reproductrices de la jument. Aucune conséquence n'a été notée sur le nombre d'inséminations artificielles par cycle, le pourcentage de juments pleines par cycle, sur la fécondation ou sur le poids des juments. Vingt ans plus tard, Ott et Asquith (1994) confirment ces résultats. Wolter, (1999) affirme que le phosphore, le manganèse et le zinc jouent un rôle important dans la fertilité de la jument en stimulant la production anté-hypophysaire de gonadotrophines. Malheureusement aucune étude n'étaye ces propos. Brochart (1972) rapporte, quand à lui, un rôle du cobalt et du sélénium chez les ruminants. Le cobalt permettrait d'augmenter le taux protéique du lait chez la brebis ; le sélénium favoriserait le taux d'ovulations doubles chez la vache. Cobalt et sélénium seraient de plus tous les deux tératogènes à forte dose.

Les besoins précis de la jument sont donc mal connus ainsi que les effets d'éventuelles carences ou excès. D'un point de vue pratique, il convient de toujours fournir un complément minéral, sous forme d'un bloc à lécher, qui permettra de compenser les éventuels déficits de la ration. Le risque d'atteindre des doses toxiques, en pratiquant de la sorte, est négligeable.

e. Influence de l'apport vitaminique :

Les besoins en vitamines des juments reproductrices sont également mal connus. Seule la vitamine A semblerait avoir une action directe sur l'activité reproductrice de la jument bien que ceci soit également controversé (NRC, 1989). La supplémentation en β -carotène (à raison de 100 mg/j) de juments en stabulation permettrait de renforcer l'expression des chaleurs, d'augmenter le taux de conception et de diminuer le taux de mortalité embryonnaire précoce. Cette supplémentation serait sans effets sur des juments bénéficiant de fourrages déjà riches en carotène comme l'herbe ou la luzerne (NRC, 1989). Un excès prolongé de vitamine A chez la jument gestante serait quand à lui responsable de malformations fœtales (NRC, 1989).

CHAPITRE III : VARIATION DES PARAMETRES SANGUINS CHEZ LES CHEVAUX

Des facteurs comme la race, le sexe, l'âge, le comportement, la gestion, les changements physiologiques et la période du jour, peuvent influencer les paramètres biochimiques du sang (Taylor-Macallister et *al*, 1997). Plusieurs études ont été conduites dans le sens d'établir les paramètres hématologiques standards chez les chevaux pour les différentes races, âges et états physiologiques dans les différents continents (Noronha et *al*, 2000; Vaz et *al*, 2000). Les changements physiologiques chez la jument durant la gestation sont plus grands avec une augmentation des demandes de l'organisme ce qui résulte, entre autre, dans une altération de l'homéostasie sanguine (Morris, 1998). C'est pourquoi, les variations observées chez la jument gestante peuvent être très serviables dans la gestion physiopathologique des femelles équine (Kramer, 2000). Peu d'études scientifiques existent sur les changements des paramètres sanguins surtout pendant la gestation (Stell et Whitlock, 1960 ; Taylor-macallister et *al*, 1997).

Les teneurs en certains constituants plasmatiques, de la circulation périphérique, fournissent un moyen simple, pour caractériser l'état nutritionnel chez différentes espèces animales. Elles sont, cependant, sujettes à de larges variations qui peuvent être attribuées à la cinétique de la digestion et aux modifications d'ordre métabolique. L'utilisation des critères plasmatiques, comme moyen de diagnostic, chez le cheval, nécessite donc de connaître leurs variations :

a) Le Glucose :

Le glucose est un hexose ; il provient de la digestion du bol alimentaire, mais peut être synthétisé dans le foie lors de la glycogénolyse ou encore lors de la néoglucogénèse, quand les réserves de glycogène sont épuisées. Il représente la principale source d'énergie dans l'organisme. Hydrosoluble, il est transporté dans l'organisme par le sang, où son taux est maintenu stable grâce à de nombreux systèmes complexes et très fins, faisant intervenir entre autres l'insuline, le glucagon et l'adrénaline. Une augmentation de la concentration sérique du glucose peut être physiologique après un repas ou après un épisode de stress. Cela, peut être aussi le signe d'un hypercorticisme, d'une pancréatite, d'une endotoxémie débutante ou de l'administration de médicaments. Une diminution de la concentration sérique de glucose peut-être le signe d'un jeûne (chez les nouveaux-nés), d'une mauvaise assimilation, d'une glycosurie rénale, d'une hyper

insulinémie, d'une pathologie hépatique, d'une maladie de stockage du glycogène, d'une septicémie, d'un hypocorticisme, ou de l'administration de médicaments (Dietz et Wiesner, 1984; Coffman, 1981).

Chez les équidés, l'évolution de la glycémie, présentant un pic postprandial plus ou moins marqué, a été suivie par de nombreux auteurs (Takagi et Sakurai, 1971 ; Gill et *al*, 1974 ; Evans et *al*, 1974). Ces derniers ont en outre mis en évidence une évolution parallèle de l'insulinémie.

L'évolution de la glycémie montre en premier lieu qu'une grande partie de la digestion de l'amidon de l'aliment concentré dans l'intestin grêle est déjà réalisée 2 h 30 après sa distribution, en raison d'un transit rapide jusqu'au caecum (Argenzio et *al*, 1974). Cet apport massif de glucose entraîne une augmentation de glycémie beaucoup plus importante que celle relevée antérieurement par Takagi et Sakurai (1961), Gill et *al* (1974), Evans et *al* (1974) et Anderson (1975) ; la comparaison avec ces travaux est cependant difficile, car aucun de ces auteurs n'a précisé l'alimentation des chevaux utilisés. Seul Wolter et *al* (1978) a noté à la suite d'ingestion d'avoine et d'aliment complet, une augmentation de la glycémie presque aussi importante.

L'évolution de la glycémie chez le cheval après le repas se rapproche plus de celle du veau pré-ruminant (Thivend et Martin-Rosset, 1971) que du porc (Marshall et *al*, 1973) ou de l'homme (Tasaka et *al*, 1975), chez qui l'augmentation post-prandiale est plus faible et plus étalée, probablement en raison d'une période d'absorption plus longue, 6 h au moins chez le porc (Rérat, et *al*, 1979). L'augmentation de l'insulinémie est concomitante à celle du glucose, ainsi que l'ont montré Argenzio et Hintz (1971) ; ces mêmes auteurs ont d'ailleurs relié la production d'insuline à l'apport de glucose (Argenzio et Hintz, 1972). Le retour tardif à l'insulinémie pré-prandiale, et le fait qu'elle est parfois plus élevée 6 h 30 que 2 h 30 après la distribution d'aliments, confirment que la production et la vitesse de disparition de l'insuline chez le cheval sont relativement lentes (Madigan et Evans, 1973).

b) Les Triglycérides (TG)

Les TG sont les lipides de réserve. Ils sont apportés par l'alimentation ou sont produits dans les hépatocytes. Par hydrolyse, ils donnent des acides gras non estérifiés (AGNE), qui sont utilisés par le muscle pour les efforts modérés. Le froid fait diminuer la triglycéridémie au profit des AGNE. Une augmentation de la concentration sérique des TG peut être le signe d'une hyperlipémie, d'une cholestase, d'une pancréatite, d'une entéropathie exsudative, d'un syndrome néphrétique, d'une

administration de glucocorticoïdes, ou d'un hypercorticisme (Dietz et Wiesner, 1984). Un exercice intense peut entraîner une augmentation de la concentration sérique des TG (Stockham, 1995).

La prise d'un repas provoque une diminution de la teneur en acides gras non estérifiés (Krzywanek, 1969 ; Anderson, 1975) et une augmentation de la teneur en acides aminés libres (Johnson et Hart, 1974). La totalité de ces travaux a été réalisée sur des chevaux de selle à l'entretien ou au travail.

c) Le Sodium

Le sodium, Na^+ , est un cation appartenant à la famille des alcalins. 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. Le sodium est apporté par l'alimentation, 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).

La concentration sanguine en Na^+ est appelée natrémie et s'exprime en millimoles par litre (mmol/L) ou en milliéquivalents par litre (mEq/L). L'augmentation anormale de la natrémie, appelée hypernatrémie, peut être due à un gain excessif de Na^+ : apport alimentaire excessif, rétention sodée (par exemple lors d'hyperaldostéronisme) (Carlson et Bruss, 2008).

Des pertes hydriques excessives lors de déshydratation sans perte de Na^+ : diarrhée. Une diminution anormale de la natrémie, appelée hyponatrémie, peut être due à 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^+ .

d) Le Potassium

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

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 et 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).
- Un passage extracellulaire : hémolyse, effort intense.
- Des pertes hydriques excessives lors de déshydratation sans perte de K^+ .

Une diminution anormale de la kaliémie, appelée hypokaliémie, peut survenir suite à (Carlson et 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.

d) Le Calcium

L'ion calcium est un cation appartenant à la famille des alcalino-terreux. Le calcium est surtout présent dans les os, mais aussi dans les cellules et dans le plasma. Le calcium plasmatique existe sous trois formes : en complexe avec des acides organiques, lié à des protéines et ionisé. La fraction ayant une activité biologique est celle représentée par le calcium ionisé Ca^{2+} dont la proportion par rapport au calcium plasmatique total est d'environ 50 % (Rosol et Capen, 1997 ; Lopez *et al*, 2006). La proportion de calcium ionisé varie en fonction du pH sanguin et donc du statut acido-basique.

Le calcium et le magnésium sont les deux principaux ions bivalents de l'organisme. Le calcium est majoritairement extracellulaire, tandis que le magnésium est majoritairement intracellulaire. Les ions calciques ont de nombreuses fonctions dans l'organisme dont : l'excitabilité neuromusculaire,

la formation d'os, la coagulation sanguine, les processus de sécrétion, l'intégrité membranaire et le transport à travers les membranes plasmiques, les réactions enzymatiques, la libération des hormones et des neurotransmetteurs ainsi que l'action intracellulaire d'un certain nombre d'hormones. Le calcium est fourni par l'alimentation et son absorption se fait dans le tractus digestif (Favus, 1992). Son transport est un mécanisme dépendant de la vitamine D activée, qui a lieu dans le duodénum, mais aussi dans le caecum et le côlon (Favus, 1992; Karbach et Feldmeier, 1993).

La concentration sérique en calcium est régulée par un système endocrinien complexe faisant intervenir deux hormones :

- La parathormone : son action permet la mobilisation des réserves osseuses de calcium et une augmentation de la calcémie.
- La calcitonine : son action permet au contraire le stockage du calcium sous forme osseuse et entraîne une diminution de la calcémie.

La concentration sanguine en calcium est appelée calcémie et s'exprime en milligrammes par litre (mg/L) ou en millimoles par litre (mmol/L). Le plus souvent c'est la calcémie totale qui est mesurée, même si la calcémie ionisée a plus d'intérêt d'un point de vue biologique. Une calcémie anormalement élevée, ou hypercalcémie, peut survenir suite à (Braun et Lefebvre, 2008) :

- Un gain excessif : apports alimentaires excessifs.
- Un défaut d'élimination par diminution de l'excrétion urinaire du calcium.
- Une hyperparathyroïdie primaire ou secondaire à une insuffisance rénale chronique.

Une calcémie anormalement basse, ou hypocalcémie, peut survenir suite à :

- Un défaut d'absorption intestinale : carence, hypovitaminose D due à une carence ou à une hyperphosphatémie.
- Une élimination excessive par augmentation de l'excrétion urinaire du calcium.

e) Le Magnésium

Le magnésium est le quatrième cation le plus important de l'organisme. Sa répartition est approximativement la suivante : 60% dans le tissu osseux sous forme d'hydroxyapatite, 38% dans les tissus mous et 1 à 2% dans le milieu extracellulaire. Les tissus mous qui contiennent le plus de magnésium sont les muscles striés squelettiques, le coeur et le foie, avec une concentration

intracellulaire proportionnelle à l'activité métabolique de la cellule. De la même manière que le calcium, le magnésium plasmatique existe sous trois formes : lié à des protéines (principalement l'albumine), complexé à des anions de petites taille (phosphate, lactate), ionisé (Mg^{2+}) qui est la forme physiologiquement active. Chez les chevaux, la forme ionisée représente environ 60% du magnésium sérique total (Lopez *et al*, 2006).

Le magnésium intervient dans le fonctionnement de la pompe Na^+/K^+ -ATPase, dans la régulation des pompes du calcium et du potassium, dans la transmission neuromusculaire et dans de nombreux processus enzymatiques et hormonaux.

Il joue aussi un rôle dans la contraction des muscles striés squelettiques, dans le tonus vasomoteur et dans l'excitabilité du muscle cardiaque et dans le péristaltisme viscéral (Stewart, 1998). Le magnésium est fourni par l'alimentation et son absorption dans le tractus digestif se fait selon deux mécanismes : diffusion intercellulaire et transport actif transcellulaire (Flatman, 1991).

L'augmentation de l'ingestion de magnésium n'augmente pas sa digestibilité. Le magnésium est filtré par le glomérule rénal et en partie réabsorbé au niveau du tubule proximal, et dans la branche ascendante de l'anse de Henlé (Rosol et Capen, 1996). La réabsorption tubulaire est accrue quand la concentration sérique en magnésium est basse, tandis que l'excrétion est stimulée par l'aldostérone (Meij et Mol, 2008). La concentration sanguine en magnésium est appelée magnésémie et s'exprime en milligrammes par litre (mg/L) ou en millimoles par litre (mmol/L). Une magnésémie anormalement élevée, ou hypermagnésémie, peut être corrélée à une atteinte rénale ou une fatigue musculaire, alors qu'une magnésémie anormalement basse, ou hypomagnésémie peut s'expliquer par une carence alimentaire ou l'hyperaldostéronisme.

f) Le Phosphore

Le phosphore inorganique se trouve à 90% dans la matrice minéralisée des os. Les 10% restant sont localisés dans les tissus mous, dans le compartiment intracellulaire. Le phosphore inorganique, est surtout présent dans le sang sous forme d'ion phosphate (Knochel et Jacobson, 1986). Le phosphate est un constituant des phospholipides, des phosphoprotéines, des acides nucléiques, de l'ATP, et de l'hydroxyapatite, et à ce titre joue un rôle primordial dans l'intégrité des membranes cellulaires, le métabolisme énergétique ainsi que dans la contraction musculaire, la délivrance d' O_2 aux tissus et le maintien de l'intégrité du squelette. Le phosphate d'origine

alimentaire est absorbé dans le duodénum et dans le jéjunum (Care, 1994) et également dans le gros intestin chez les chevaux (Barlet *et al*, 1995). Comme dans le cas du calcium, le taux sérique de phosphore est sous régulation hormonale. Principalement par la parathormone qui diminue le taux de réabsorption tubulaire et augmente donc l'excrétion rénale (Murer *et al*, 1996). La concentration sanguine en phosphate est appelée phosphatémie et s'exprime en milligrammes par litre (mg/L).

Une phosphatémie anormalement élevée, ou hyperphosphatémie peut être provoquée par (Rosol et Capen, 1997) : Une lyse cellulaire massive, une intoxication à la vitamine D, une insuffisance rénale chronique, des maladies endocriniennes telles l'hypoparathyroïdisme, l'hypersomatotropisme, ou encore l'hyperthyroïdisme (Chew et Meuten, 1982).

Une phosphatémie anormalement basse, ou hypophosphatémie peut être causée par (Rosol et Capen, 1997) : Une mauvaise distribution secondaire à une charge trop importante en hydrates de carbone, une alcalose respiratoire, une acidose métabolique, une décharge de catécholamines ou une carence en vitamine D.

L'évolution des teneurs en minéraux au cours de la journée a principalement été étudiée chez le rat. Chez celui-ci, alors qu'il consomme ses aliments uniquement en période d'obscurité, la calcémie et la phosphatémie sont maximales 3 h après la fin d'une période d'obscurité (Milhaud *et al*, 1972), alors que la magnésémie s'élève pendant les 6 premières heures de la prise alimentaire puis revient au niveau initial pour rester stable pendant la période d'éclaircissement (Rayssiguier et Larvor, 1974). Les variations nyctémérales sont beaucoup moins nettes chez la jument qui répartit mieux ses activités alimentaires entre le jour et la nuit (Doreau, 1978).

Cependant, on peut associer la légère élévation de la calcémie et de la magnésémie et la diminution de la phosphatémie faisant suite à l'ingestion d'aliments concentrés à l'absorption du calcium et du magnésium qui s'effectue principalement dans l'intestin grêle (Schryver *et al*, 1970; Hintz et Schryver, 1972) et à une résorption nette du phosphore à ce niveau, due à l'absence d'absorption et à la sécrétion d'ions phosphate dans l'intestin grêle lors du passage des digesta (Schryver *et al*, 1972). La calcémie se stabilise jusqu'au soir, sans doute en raison de l'étalement de l'absorption du calcium présent en quantités importantes dans les fourrages. De même, l'augmentation constante de la magnésémie jusqu'au soir traduit peut-être la richesse de la ration en magnésium.

g) Influence du régime et de l'état physiologique :

Hintz et *al* (1971) puis Ralston et Baile (1979) ont constaté que l'augmentation de glycémie était indépendante du rapport fourrage/concentré ou de l'apport de glucides non pariétaux, il paraît que c'est en relation avec le niveau des apports et des besoins des animaux : ces auteurs ont utilisé des poneys à l'entretien et l'apport de glucose restait très modeste. L'état physiologique n'a pas d'effet sur la glycémie et l'insulinémie de base ; selon Evans (1971), il n'y a pas de liaison entre la glycémie plasmatique et la vitesse d'utilisation du glucose, malgré des besoins très importants en lactation (Anwer et *al*, 1975), alors que le jeûne provoque une diminution de glycémie. Il semblerait ainsi qu'il faille une sous-nutrition énergétique très intense pour que la glycémie soit affectée chez le cheval. Les teneurs pré-prandiales en acides gras non estérifiés et, à un degré moindre, en P-hydroxybutyrate, sont plus élevées avec le régime apportant globalement moins d'énergie ; cette constatation, qui reste à confirmer sur un nombre plus élevé de données, permet de considérer les teneurs pré-prandiales en ces deux constituants comme des indices de sous-nutrition énergétique, de même que chez le ruminant (Decaen et Journet, 1967 ; Bowden, 1971). De même, les faibles teneurs en acides gras non estérifiés et en (3-hydroxybutyrate des juments vides sont à rapprocher du niveau élevé de couverture des besoins énergétiques. La différence minime des teneurs en fin de gestation et en début de lactation permet de penser que les apports énergétiques plus élevés en début de lactation ont correspondu à l'accroissement des besoins. La teneur en acétate est beaucoup plus élevée pour les régimes plus riches en fourrage : les fortes variations de l'acétate plasmatique avec le rapport fourrage/concentré avaient déjà été mises en évidence par Jean-Blain (1973).

L'urémie présente des valeurs légèrement plus élevées avec le régime apportant le plus d'azote, ainsi que pour les juments vides à faibles besoins. Les différences sont cependant minimes : en effet, la plage de variation de l'urémie chez le cheval est importante (Bost et *al*, 1970). La phosphatémie et la magnésémie dépendent du régime, mais pas la calcémie ; ceci provient peut-être du niveau de couverture des besoins, et d'une meilleure régulation de la calcémie. La magnésémie plus élevée en début de lactation, alors que les besoins sont plus importants qu'en fin de gestation, n'est que partiellement explicable par les interactions entre les apports nutritifs et le stade physiologique. Il semble, d'une manière générale, que la régulation des teneurs en éléments minéraux soit plus efficace en fin de gestation qu'en début de lactation.

ETUDE EXPERIMENTALE

MATERIEL ET METHODES

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude de la durée de gestation chez la jument arabe comprend deux aspects, prospectif et rétrospectif couvrant une durée de 26 années (de 1985 à 2010) avec un effectif de 1262 juments Arabes, élevées dans le Haras national Chaouchaoua de Tiaret en Algérie. Les données ont été collectées des registres de reproduction du Haras national. Seules les naissances donnant lieu à des poulains viables et ayant survécu plus de 1 mois ont été prises en considération.

La ville de Tiaret est située au Sud-Ouest de l'Algérie, à 300 km de la capitale (Alger) et à 1127 m d'altitude, dans une région agro-pastorale caractérisée par un climat continental semi-aride. Le jour le plus court de l'année le soleil se lève à 8h02 minutes et se couche à 17h42 minutes (heure locale), puis vers le 20 mars, le lever de soleil est observé à 06h57 minutes et le coucher vers 19h04 minutes. La période d'ensoleillement continuera de se prolonger jusqu'au 21 juin où le soleil se lève à 5h43 minutes et se couche à 20h09 minutes, puis les jours commencent à se raccourcir jusqu'au 21 Décembre.

Les chevaux sujets de cette étude sont la propriété du Haras national Chaouchaoua de Tiaret. Créé en 1877 par le Ministre français de la Guerre qui avait pour mission de produire des reproducteurs de plusieurs races : la race orientale, la race barbe et la race arabe barbe améliorée par des croisements orientaux. Les premières importations de reproducteurs se feront auprès des tribus Arabes de Syrie, considérées à l'époque comme les meilleurs éleveurs de chevaux arabes au monde (Haras-Tiaret, 2012).

Notre étude a été répartie en trois volets :

- ***Le premier volet :***

Dans cette partie, nous nous sommes intéressés à déterminer les différents facteurs environnementaux pouvant influencer la durée de gestation de la jument Arabe.

Toutes les données et informations liées à la reproduction des juments de 1985 à 2010 ont été collectées à partir des registres de reproduction du Haras national et enregistrées dans un fichier Windows Office Excel®.

Les données ont été enregistrées par ordre chronologique des naissances, c'est-à-dire de 1985 à 2010. Les informations portées dans le tableau étaient, le nom de la jument, sa date de naissance,

l'étalon, la date de la dernière saillie, la date de poulinage, le sexe du poulain et sa viabilité. La durée de la gestation a été calculée à partir de la date de la dernière Sallie et jusqu'au poulinage. Seules les gestations, ayant donné un poulain viable naissant entre 310 et 355 jours ont été considérées comme normales et utilisées dans nos calculs (Cilek, 2009).

Toutes les juments étaient élevées dans les mêmes conditions d'entretien et de management, la monte naturelle était le seul moyen d'insémination pour ces dernières. Depuis 1998, le suivi de reproduction des juments, par toucher transrectale, a permis de détecter les ovulations éminentes et donc les durées de gestation étaient calculées du jour d'ovulation jusqu'au jour du poulinage, alors qu'auparavant, elles étaient faites à partir de la dernière saillie. L'introduction de l'échographie, plus tard en 2002 a donné plus de précision au diagnostic des ovulations et, de ce fait, a augmenté l'exactitude du calcul des durées de gestations.

Les facteurs introduits dans l'analyse étaient :

- L'âge de la mère,
- Le mois de naissance,
- L'année de naissance,
- Et le sexe du poulain.

- ***Le deuxième volet :***

Dans cette partie, nous avons analysé toutes les données de reproduction pouvant nous aider à organiser et à assurer une bonne gestion de nos élevages équins. De plus nous avons enregistré les facteurs pouvant influencer l'heure du poulinage.

Nous avons enregistré les paramètres suivants :

- Le taux de venue en œstrus (Nombre de juments observées en chaleur x 100/Nombre des juments introduites en reproduction).
- Le taux de conception (Nombre de juments ayant conçues x 100/ Nombre des juments introduites en reproduction).
- Les taux d'infertilité.
- Les taux de gestation et d'avortement.
- Et les paramètres qui influencent l'heure du poulinage (2003-2010).

Dans le but d'utiliser d'une façon optimum, les chaleurs de poulinages et augmenter les chances d'avoir un poulain par jument et par an, durant la période 2007-2008, 73 juments pur-sang Arabe, âgés de 4 à 20 ans ont fait l'objet d'un suivi de leur croissance folliculaire depuis le 7^e jour post-partum. Les juments ont été examinées par palpation rectale et échographie pour déterminer le statut de l'utérus, des ovaires, les diamètres des follicules, et les ovulations.

Pour les examens effectués nous avons utilisé un échographe (FALCO 100, Pie Medical), avec une sonde de 7,5 MHz. Le suivi a été réalisé en période de reproduction, ce qui correspond au printemps des deux années consécutives (2007 et 2008).

Les mesures des diamètres folliculaires commencent le 7^e jour post-partum. Les follicules dominants ont été suivis, quotidiennement, jusqu'à ovulation. Seuls les follicules avec un diamètre supérieur à 20 mm ont été considérés comme dominants, les autres ont été notés comme petits follicules (Ginther et al, 2003).

L'ovulation a été diagnostiquée lorsque le follicule n'était plus présent sur l'ovaire, puis elle a été confirmée par la présence d'un corps jaune, sur le même ovaire, trois jours après. (Ginther et al, 1993)

- ***Le troisième volet :***

Dans cette partie, nous nous sommes intéressé à déterminer s'il y avait une corrélation entre la fertilité des juments et l'évolution de la concentration de certains constituants dans le plasma sanguin à savoir le calcium, le phosphore inorganique, le magnésium, le sodium, le potassium, le glucose et les triglycérides.

Quarante trois juments, pur-sang Arabe, âgées entre 2 à 23 ans ont été utilisées dans cette partie. L'étude s'est déroulée entre 2009 et 2010. Tous les animaux appartiennent au Haras national de Chaouchaoua. L'alimentation de ces juments est à base d'orge et de foin.

Les juments ont été réparties en 06 groupes selon leurs statuts reproductifs. Ce dernier a été déterminé d'après les informations enregistrées et suite aux résultats de l'examen échographiques.

Les six groupes obtenus étaient comme suite :

- Groupe 1 (n = 5) contenant les pouliches âgées de deux ans. Groupe 2 (n = 7) contenant les juments en fin de gestation selon les informations des registres de l'année de monte précédents. Groupe 3 (n = 11) contenant les juments diagnostiquées gestantes par échographie plus de 60 jours et moins de 80 jours.
- Groupe 4 (n = 8) contenant les juments observées en chaleurs le moment du prélèvement, l'état d'œstrus a été confirmé par l'observation des signes comportementaux et la présence d'un follicule dominant sur l'un des ovaires.
- Groupe 5 (n = 8) contenant les juments ayant présenté des troubles de fertilités et n'ayant pas pouliné durant les 24 mois précédents.
- Groupe 6 (n=4) contenant les juments ayant pouliné dans les 6 jours précédents le prélèvement.

Le sang a été collecté à partir de la veine jugulaire dans des tubes de prélèvements héparinés stériles. Les prélèvements ont été collectés tôt le matin avant la distribution de l'alimentation. En suite ils ont été acheminés dans une glacière directement au laboratoire d'analyses dans les deux heures qui suivent. Les taux sériques du magnésium, phosphore, calcium, glucose et triglycérides ont été déterminés en utilisant un analyseur automatique (COBAS *Integra* 400+®).

RESULTATS ET DISCUSSION

1^{er} CHAPITRE : ETUDE DE LA DUREE DE GESTATION

A) RESULTATS

a. LA VARIATION DE LA DUREE DE GESTATION :

Pour mieux apprécier les résultats de la durée de gestation de nos juments sur la période de 1985 à 2010, nous les avons répartis selon les critères suivants :

1.1. Répartition des durées de gestation selon l'âge des juments :

Tableau N° 01 : Variation de la durée de gestation selon l'âge de la mère chez la jument pur-sang Arabe

Âge des juments (en années)	Nombre de juments	Durée moyenne de gestation (en jours)	Ecart -Type (en jours)
3	3	337,33	4,62
4	40	328,18	7,04
5	72	330,10	9,43
6	87	331,26	7,43
7	80	331,16	8,48
8	72	334,01	7,72
9	83	333,41	7,78
10	78	331,23	8,68
11	70	332,51	6,75
12	76	332,20	7,93
13	87	334,46	7,26
14	74	332,72	8,06
15	76	332,26	9,35
16	62	331,61	8,21
17	59	333,88	7,95
18	61	334,21	8,50
19	53	332,98	7,77
20	50	333,34	7,44
21	35	332,23	8,92
22	24	333,38	8,47
23	13	334,85	8,01
24	7	328,86	10,85
Total et Moyenne générale	1262	332,95	8,57

Selon nos résultats, la durée moyenne de gestation de nos juments a été de 332,95±8,57 jours. Cette durée a été plus importante et a atteint des valeurs maximales chez les juments ayant un âge de trois ans avec 337,33±4,62 jours par contre les valeurs les plus courtes ont été enregistrées chez les juments âgées de 4 ans et de 24 ans avec 328,18±7,04 jours et 328,86± 10,85 jours respectivement. Les juments de 13 et 18 ans ont eu respectivement des durées moyennes de gestation de 334,46±7,26 jours et 334,21±8,5 jours.

Pour déterminer si l'âge de la jument a un effet sur la durée de gestation, nous avons eu recours à l'analyse de la variance à un seul facteur, nous avons obtenu les résultats suivants :

Tableau N° 02 : Analyse de la variance de l'effet de l'âge de la mère sur la durée de la gestation

Effets significatifs marqués à p < 0,05								
	Effet	Effet	Effet	Erreur	Erreur	Erreur		
	SC	dl	MC	SC	dl	MC	F	P
DUREE	16715,80	21	795,99	465762,00	1209	385,25	2,07	0,0032

L'analyse de la variance a montré un effet significatif de l'âge de la mère sur la durée de gestation (P = 0.0032 < 0,05). Cette dernière a tendance à se raccourcir avec l'âge.

1.2. Répartition des durées de gestation selon le mois de naissance :

Tableau N° 03 : Variation de la durée de gestation selon le mois de naissance chez la jument pur sang Arabe

Mois de poulinage	Nombre de juments	Durée moyenne de gestation (en jours)	Ecart -Type (en jours)
Décembre	4	319,75	3,30
Janvier	187	329,08	7,33
Février	454	333,11	8,47
Mars	349	334,53	8,09
Avril	201	333,10	9,32
Mai	66	334,98	8,81
Juin	1	317,00	0,00
Total et Moyenne générale	1262	332,95	8,57

Selon nos résultats, la durée de gestation moyenne, la plus longue, a été observée pendant le mois de Mai avec $334,98 \pm 8,81$ jours (plus longue de deux jours que la moyenne générale) alors que les durées les plus courtes ont été observées respectivement pendant les mois de Juin avec une seule naissance d'une durée de 317 jours et en Décembre de $319,75 \pm 3,3$ jours avec quatre naissances enregistrées. Pendant le mois de Janvier, nous avons assisté à 187 naissances avec une durée de gestation moyenne de $329,08 \pm 7,33$ jours (plus courtes de trois jours que la moyenne générale).

Ceci est bien montré dans la figure n° 1 :

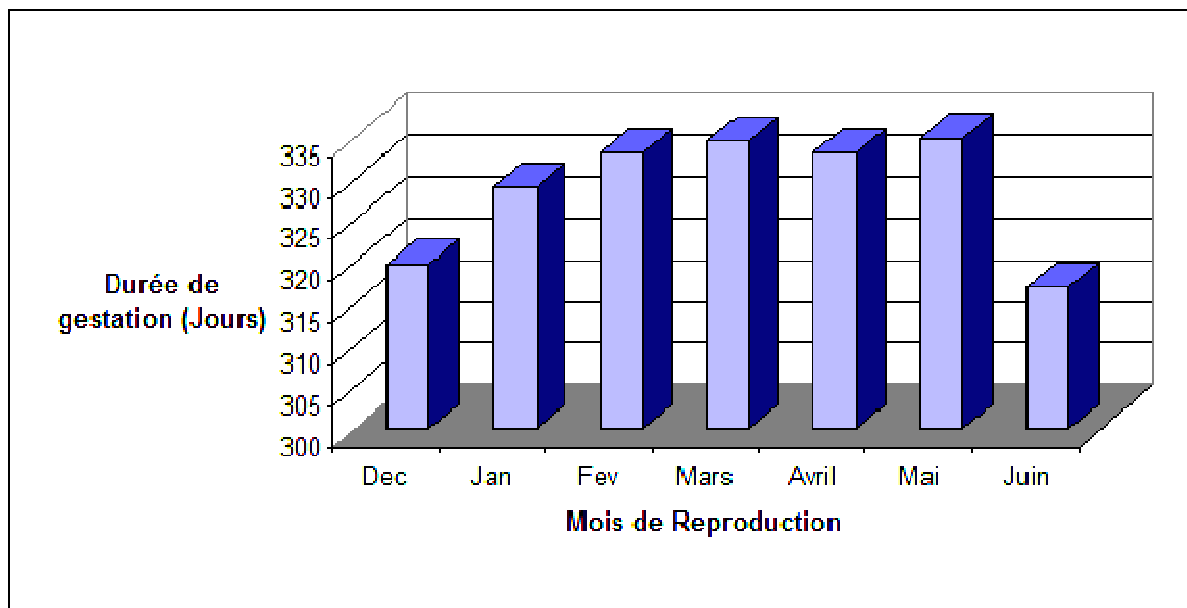


Figure N°01 : Histogramme des variations de la durée de gestation selon le mois de naissance chez la jument pur sang Arabe

Pour déterminer si le mois de naissance a un effet sur la durée de gestation, nous avons eu recours à l'analyse de la variance à un seul facteur, nous avons obtenu les résultats suivants :

Tableau N°04 : Analyse de la variance de l'effet du mois sur la durée de la gestation.

Effets significatifs marqués à $p < ,050$								
	Effet	Effet	Effet	Erreur	Erreur	Erreur		
	SC	dl	MC	SC	dl	MC	F	P
DUREE	4912,15	6	818,69	87728,19	1255	69,90	11,71	0,000000

L'analyse de variance a montré un effet très hautement significatif du mois de naissance sur la durée de gestation ($P = 0.000000 < 0,05$).

1.3. Répartition des durées de gestation selon le sexe du poulain :

Tableau N° 5 : Variation de la durée de gestation selon le sexe du poulain chez la jument pur sang Arabe

Sexe du poulain	Nombre	Durée moyenne de gestation (j)	Ecart –Type (j)
Mâles	627	333,71	8,39
Femelles	635	332,19	8,68
Total et Moyenne générale	1262	332,95	8,57

D'après le tableau ci-dessus, sur un total de 1262 naissances, il y a eu naissance de 627 mâles contre 635 femelles, la durée de gestation moyenne enregistrée pour les mâles a été de $333,71 \pm 8,39$ jours, alors que pour les femelles, elle a été légèrement plus courte avec $332,19 \pm 8,68$ jours.

Ceci est clairement établi dans la figure N° 2 :

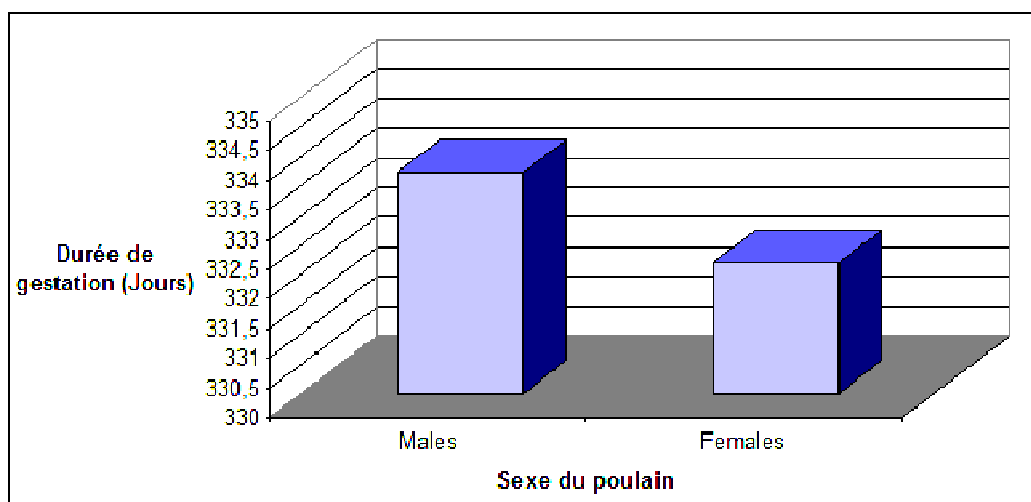


Figure N°02 : Histogramme des variations de la durée de gestation avec le sexe du poulain chez la jument pur sang Arabe

Pour déterminer si le sexe du nouveau-né a un effet sur la durée de gestation, nous avons eu recours à l'analyse de la variance à un seul facteur, nous avons obtenu les résultats suivants :

Tableau N°06 : Analyse de la variance de l'effet du sexe sur la durée de la gestation

Effets significatifs marqués à $p < ,005$								
	Effet	Effet	Effet	Erreur	Erreur	Erreur		
	SC	dl	MC	SC	dl	MC	F	P
DURÉE	729,64	1	729,64	91910,69	1260	72,94	10,00	0,0016

L'analyse de variance a montré un effet significatif du sexe du poulain sur la durée de gestation de nos juments ($P = 0.0016 < 0,05$). Cette différence s'est manifestée par une prolongation de la gestation chez les mâles de 1,52 jour en moyenne par rapport aux femelles.

1.4. Répartition des durées de gestation selon l'année de reproduction :

Tableau N° 07 : Variation de la durée de gestation selon l'année de reproduction chez la jument pur sang Arabe

Année de reproduction	Nombre	Durée moyenne de gestation (j)	Ecart –Type (j)
1985	50	331,64	7,37
1986	62	333,03	8,26
1987	61	331,18	7,15
1988	55	330,27	7,62
1989	60	335,77	7,84
1990	56	333,36	8,67
1991	46	334,83	8,31
1992	57	331,72	8,54
1993	61	333,97	7,47
1994	48	337,00	8,73
1995	31	330,26	10,14
1996	47	337,13	7,99
1997	52	337,08	8,26
1998	31	332,81	7,88
1999	31	338,48	7,28
2000	43	333,98	7,67
2001	20	333,35	10,15
2002	47	331,87	8,35
2003	58	334,03	8,16
2004	50	327,22	8,11
2005	57	335,14	7,87
2006	50	332,40	8,79
2007	45	332,18	9,25
2008	42	331,88	8,44
2009	49	330,82	8,45
2010	53	326,55	7,65
Total et moyenne générale	1262	332,95	8,57

Selon nos résultats, la durée la plus courte a été enregistrée en 2010 avec $326,55 \pm 7,65$ jours ($n=53$) et les durées les plus longues ont été respectivement de $338,48 \pm 7,28$ jours ($n=31$), $337,13 \pm 7,99$ ($n=47$) et $337,08 \pm 8,26$ jours ($n=52$) pour les années 1999, 1996 et 1997.

Ceci est bien établi dans la figure N° 3 :

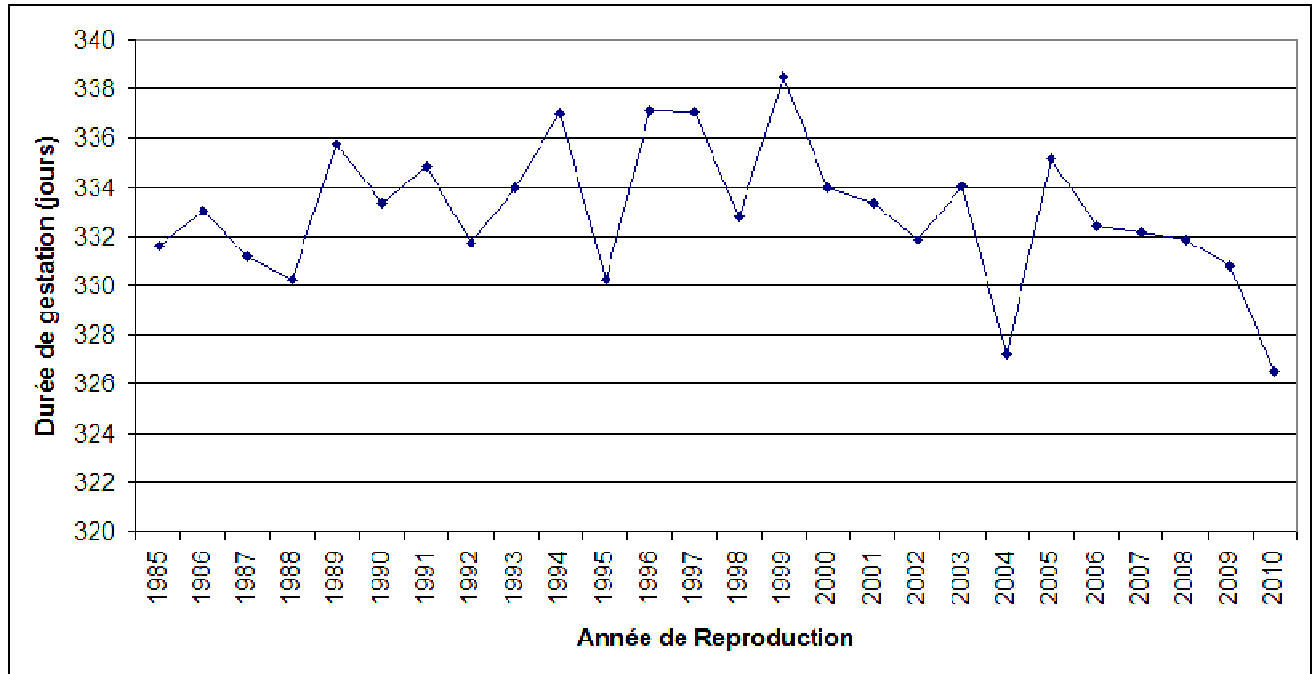


Figure N°03 : courbe des variations de la durée de gestation selon l'année de reproduction chez la jument pur sang Arabe

Pour déterminer si l'année de reproduction a un effet sur la durée de gestation, nous avons eu recours à l'analyse de la variance à un seul facteur, nous avons obtenu les résultats suivants :

Tableau N° 08 : Analyse de la variance pour l'effet du sexe sur la durée de la gestation

Effets significatifs marqués à $p < 0,05$								
	Effet	Effet	Effet	Erreur	Erreur	Erreur		
	SC	dl	MC	SC	dl	MC	F	P
DUREE	9708,26	25	388,33	82932,08	1236	67,10	5,79	>0,001

L'analyse de variance a montré un effet significatif de l'année de reproduction sur la durée de gestation de nos juments ($P < 0,001$).

b) DISCUSSION

La durée de gestation est une variable physiologique ayant une importance économique dans la majorité des espèces animales domestiques. Selon nos résultats, la durée moyenne de gestation de nos juments a été de $332,95 \pm 8,57$ jours avec des extrêmes de 310 et 355 jours. Nos résultats sont similaires à ceux de plusieurs auteurs qui rapportent qu'une durée de gestation de 320 à 360 jours peut être considérée comme normale (Laing et Leech, 1975 ; Rossdale *et al*, 1984 ; Rossdale, 1993). Pour McCue et Ferris (2011), sur un total de 1047 poulinages, la durée moyenne de la gestation a été de 342,7 jours, avec extrêmes de 307 à 381 jours. Selon Valera et al (2006), cette période varie seulement de quelques jours même si certaines différences se justifient par des facteurs génétiques plus que par des facteurs environnementaux.

Bos et Van Der Mey (1980) ont rapporté que chez les chevaux, la variabilité de la durée de gestation est plus grande que dans les autres espèces, de même, plusieurs études confirment une grande variabilité dans la durée de gestation dans différentes races équinnes (Pérez *et al*, 2003). Ce même auteur rapporte que cette durée, pour les différentes races, varie généralement entre 335 et 345 jours ; bien que des gestations, dites à terme, ont été décrites s'étalant de 294 à 386 jours (Rossdale, 1976).

Les gestations, d'une durée inférieure à 320 jours, sont généralement considérées comme courtes, et les poulains peuvent être prématurés et prédisposés à des maladies néonatales, un poids à la naissance inférieur à la normale et même de l'incapacité à se mettre debout (Valera et al, 2006). Ces mêmes auteurs ont rapporté, chez le pur sang espagnol, deux poulain issus de gestations d'une durée inférieure à 300 jours, ont survécues, ce qui paraît contradictoire avec les rapports concernant la viabilité des poulains (Rossdale, 1976), dans la même étude, Valera et al (2006) ont rapporté des durées supérieures à 360 jours avec un taux inférieur à 1%.

De même, une gestation d'une durée supérieure à 360 jours est considérée comme une gestation prolongée, dans ces cas, le poulain nouveau-né, peut montrer une certaine fatigue, un poids élevé par rapport à la normale, avec un faible développement musculaire et plusieurs autres anomalies (Rossdale, 1993). Néanmoins, il existe des références pour des gestations de 400 jours donnant naissance à des poulains viables : 403 jours (Braunton, 1990) ou 419 jours (West, 1994).

Généralement, une durée de gestation prolongée et trop longue, uniquement chez la jument, est expliquée par une diapause embryonnaire (Lofstedt, 1992 ; Vandeplassche, 1992) ; c'est pourquoi la durée de gestation ne peut être utilisée comme seul moyen de déterminer si le poulain est prêt à naître (Valera et al, 2006). Lofstedt (1992) a mentionné qu'un retard de développement embryonnaire peut être observé entre le 20^e et le 40^e jour de gestation, ce qui est associé à un taux inférieur de progestérone plasmatique. Cette large variabilité dans le temps de gestation, pouvant donner un poulain viable, indique, que la durée de gestation chez la jument est très sensible aux facteurs génétiques et environnementaux. Selon les études publiées, les facteurs les plus importants qui influencent la période de gestation, dans certaines races, sont liés à l'âge de la mère, le nombre de poulinaiges, la nutrition, le sexe du poulain, l'année, la saison, le mois de conception et la photopériode (Hevia et al, 1994 ; Panchal et al, 1995 ; Davies-Morel et al, 2002; Vassilev et al, 2002). Néanmoins, d'autres facteurs de moindre importance ont été étudiés, même si leurs influences ont été non significatives, comme la couleur de la robe (Dring et al, 1981 ; Blesa et al, 1999) ou la phase du cycle lunaire (Blesa et al, 1999).

1. Influence de l'âge de la mère sur la durée de gestation :

L'âge de la mère est aussi considéré comme un important facteur de variation de la durée de la gestation par plusieurs auteurs (Akkayan et Demirtel, 1974; Platt, 1979; Bos et Van Der Mey, 1980; Demirci, 1988), mais d'autres auteurs n'ont trouvé aucune différence par rapport à ce facteur (Hintz et al, 1979b; Vivo et al, 1983; Perez et al, 1997; Kurtz Filho et al, 1997; Sanchez et al, 1999; Davies-Morel et al, 2002).

Dans cette étude, les durées de gestation les plus courtes ont été de $328,18 \pm 7,04$ jours à l'âge de 4 ans et de $328,86 \pm 10,85$ jours à l'âge de 24 ans. Alors que les durées de gestation les plus longues ont été de $334,46 \pm 7,26$ jours, $334,21 \pm 8,50$ jours et $334,85 \pm 8,01$ jours à l'âge de 13, 18 et 23 ans, respectivement. Nous avons observé des durées de gestations plus longues, chez de jeunes juments et chez des juments âgées. Des résultats similaires ont été obtenus dans la plupart des études faites dans ce sens (Akkayan et Demirtel, 1974 ; Bos et Van Der Mey, 1980; Demirci, 1988).

L'influence de l'âge de la mère, est probablement due à la diminution de l'efficacité nutritionnelle de l'utérus et du placenta en même temps (Pashan et Allen, 1979) et/ou le métabolisme hormonal menant à la vieillesse (Gluckman et Hanson, 2004), en conséquence de l'âge et de la multiparité, un ralentissement de la croissance utérine est observé et par conséquent une prolongation de la

gestation. Alternativement, d'autres auteurs ont conclu que les juments primipares ont une durée de gestation plus courte que les autres juments plus âgées (Schermerhorn *et al*, 1980).

Les mêmes observations ont été rapportées pour le nombre de poulinage, Pool-Anderson *et al* (1994) ont rapporté une différence de 10 jours entre les juments pluripares et nullipares de race Quarter, bien que d'autres recherches ont échoué à trouver un effet significatif de la parité (Arora *et al*, 1983). Il peut être considéré que les juments primipares (généralement des juments plus jeunes), présentent une gestation plus longue, du moment qu'elles sont ni anatomiquement, ni physiologiquement préparées à une gestation, au contraire des juments pluripares. Mais, les juments plus âgées peuvent présenter des gestations aussi plus longues, du moment qu'elles peuvent subir des changements dans le placenta, ce qui diminue l'apport nutritionnel au fœtus en développement (Hafez, 1987).

La plupart des auteurs cités, et sur la base de leurs investigations, s'accordent à dire que l'âge de la mère a une certaine influence sur la durée de gestation chez les différentes races de chevaux, alors que la durée de gestation diminue à partir de la 1^{ère} année de reproduction progressivement jusqu'à un certain âge, puis elle commence à devenir plus longue. Valera *et al* (2006) ont rapporté que la durée de gestation diminue avec l'avancement de l'âge de la jument, avec des durées de gestations plus courtes chez les juments âgées de 10-12 ans et à partir de cet âge, cela augmente lentement.

Cilek (2009) ; Davies *et al* (2002) ; Hintz *et al* (1979b, 1992) Hevia *et al* (1994) et Kurtz Filho *et al* (1997), ont conclu que la durée de gestation dépend de l'âge de la jument, de la saison de reproduction et de naissance, du sexe du poulain, des conditions de reproduction et de la qualité des nutriments.

2. Influence du mois de poulinage sur la durée de gestation :

Dans notre étude, l'effet du mois de naissance a été très significatif ($P < 0,005$). La durée de gestation la plus courte a été de $319,75 \pm 3,30$ jours en Décembre et $329,08 \pm 7,33$ jours en Janvier, alors que les durées deviennent plus longues durant les autres mois de l'année, à savoir $333,11 \pm 8,47$ jours en Février, $334,53 \pm 8,09$ jours en Mars, $333,10 \pm 9,32$ jours en Avril et $334,98 \pm 8,81$ jours en Mai.

Le mois et l'année de naissance sont deux facteurs, qui ont été impliqués dans la grande variabilité du paramètre de la durée de gestation (presque à 10%), des résultats montrent que la saison de reproduction affecte la durée de gestation et que la gestation se raccourcit lorsque la saison avance (Valera et al, 2006). Dans la plupart des études, des gestations plus longues ont été rapportées chez les juments saillies tôt dans la saison de reproduction (Hintz et al, 1979b ; Arora et al, 1983). Chez le pur-sang espagnol, Pérez et al (2003) ont trouvé que les poulinaages de juments saillies tard dans la saison sont significativement plus courts que ceux des juments saillies dans la période de transition ou durant la période de reproduction (334, 341 et 340 jours, respectivement). La variation était plus grande lorsque les juments ont été saillies hors saison (Platt, 1984 ; Perez et al, 2003).

Pour McCue et Ferris (2011), les juments ayant pouliné en Janvier avaient des durées significativement plus courtes (338,1 jours) que celles ayant pouliné en Février, Mars, Avril ou Mai, à savoir : 341,9 jours, 342,0 jours 341,7 jours et 342,3 jours, respectivement.

Ces différences peuvent être influencées par plusieurs facteurs, comme les conditions d'alimentation ou de température. Les conditions climatiques plus favorables affectent les valeurs nutritionnelles des paires, et par conséquent, la jument peut avoir un large gain nutritionnel et le poulain prend moins de temps à atteindre le poids approprié pour la naissance (Davies-Morel et al, 2002).

Langlois (1973) et Hafez (1987), ont indiqué que les juments ayant un régime alimentaire adéquat, ont une durée de gestation plus courte que les juments sujettes à des restrictions alimentaires. La balance entre les besoins nutritionnels fœtaux et maternels, à la fin de la gestation, peut partiellement compter dans les variations de la durée de gestation, chez la jument (Fowden et al, 1984) ; la nutrition peut accélérer ou retarder la croissance fœtale et l'acquisition de la maturité prénatale. D'ailleurs, quand les températures s'élèvent, le moment de naissance se rapproche de plus en plus vers les mois qui ont les conditions nutritionnelles les plus favorables (Avril et Mai). Néanmoins, il paraît que la cause de cette variation est la photopériode, du moment qu'elle affecte le système nerveux maternel. Le mécanisme précis impliqué reste, cependant, pas très clair, alors que Sharp (1988) a suggéré l'implication de la mélatonine. Les travaux de Hodge et al (1982) ont démontré que les juments sujettes à 16h de lumière par jour progressivement à partir du 1^{er} Décembre, ont des naissances anticipées. Ces suggestions vont de pair avec celles de Langlois (1973) qui rapporte que l'environnement hormonal chez la jument peut être altéré par les

variations dans le rythme circadien. Aussi, il a été suggéré que la variation dans la durée d'éclairement peut causer des variations considérables dans la durée de gestation chez les équidés, due à la modification du taux de maturation fœtale à l'approche du part (Pérez et *al*, 2003). Les résultats obtenus ici suggèrent que la jument est capable d'avancer la parturition quand la durée des heures de lumière par jour est plus longue, ce qui peut être interprété comme la fin de la saison de reproduction.

Le mécanisme d'adaptation naturelle permet, aux poulains nouveaux nés, d'accéder aux meilleures ressources nutritives de l'environnement. Lorsque la photopériode était au maximum (Mai-Juin), la durée de gestation était au minimum (sans éclairage artificiel) (Valera et *al*, 2006). Une association entre l'augmentation de la durée du jour, une augmentation de la température de l'environnement et une diminution de la durée de gestation a été rapportée par Astudillo et *al* (1960).

D'autres travaux rapportent qu'une utilisation routinière de l'éclairage artificiel avant le printemps induit un avancement du moment de déclenchement de l'activité reproductrice, et par conséquent, des parturitions plus courtes et plus précoces dans l'année (Davies-Morel et *al*, 2002).

3. Influence de l'année de reproduction sur la durée de gestation :

L'effet de l'année de naissance sur la durée de gestation, a été aussi hautement significatif ($P < 0,005$), dans cette étude ; il peut être supposé que cet effet est dû à la différence d'entretien (soins et alimentation) entre les années.

Pérez (2003) et Cilek (2008) ont rapporté que des durées de gestations plus longues, durant certaines années, peuvent être liées à une malnutrition et un climat très froid, agissant comme un mécanisme de régulation selon les conditions climatiques et nutritionnelles ; alors que les années de sécheresse, avec des températures plus élevées, ont comme effet de raccourcir la durée de gestation (Valera et *al*, 2006). Sevinga et *al* (2004) ont rapporté des durées de gestations plus courtes, lorsque les conceptions s'effectuent en Juillet, ce qui coïncide avec des durées d'éclairement plus longues de la saison de reproduction administrative.

L'année de conception est aussi un facteur qui influence la durée de gestation, Hintz et *al* (1979a) ont obtenu une différence de 6,8 jours entre les années. Pérez et *al* (1997) ont rapporté les mêmes

conclusions pour le pur-sang espagnol. Ainsi, les années de sécheresse, avec des températures plus élevées, ont un effet raccourcissant sur la durée de gestation. Le climat a une influence sur la qualité nutritionnelle des aliments, qui peuvent devenir déficients et irréguliers (Silver et Fowden, 1982) et mener à un avancement de la date de poulinage, en agissant comme mécanismes d'ajustement aux conditions nutritionnelles défavorables.

Pérez *et al* (2003) ont trouvé que les poulinages des juments, mises à la reproduction tardivement, étaient significativement plus courts, que ceux des juments mises à la reproduction pendant la période de transition ou en début de saison (334, 341 et 340 jours, respectivement). Nous avons trouvé les mêmes différences dans notre travail, les variations ont été plus grandes lorsque les juments étaient mises à la reproduction hors saison. Platt (1984) et Pérez *et al* (2003) ont rapporté que ces différences peuvent avoir été influencées par des facteurs comme l'alimentation ou la température.

Evans et Torbeck (1998) ont suggéré que la nature tente de donner les meilleures conditions à la mise au monde du produit, en l'occurrence le début du printemps ; ce qui se traduit par un raccourcissement ou un prolongement des durées de gestations chez les poulains nés plus tard ou plus tôt dans l'année, respectivement. Et au contraire, des conditions climatiques plus favorables améliorent l'apport nutritionnel des prairies, par conséquent, la jument peut avoir plus de ressources alimentaires et alors le fœtus prend moins de temps à se développer et à atteindre le poids adéquat à la naissance (Davies-Morel *et al*, 2002).

Les résultats obtenus par les différents auteurs supposent que l'organisme de la jument est capable d'avancer le poulinage, lorsque des jours à durées d'éclairement, plus longues sont détectés et interprétés par le cerveau comme la fin de la saison de reproduction. Ce mécanisme d'adaptation naturel permet au nouveau-né, un meilleur accès aux nutriments et à de meilleures conditions d'environnement. Dans notre travail, lorsque les durées d'éclairements étaient maximales, les durées de gestation étaient courtes (en Juin avec une durée de 317 jours). Une association entre l'accroissement de la durée d'éclairement, l'augmentation de la température ambiante et la diminution de la durée de gestation a été précédemment rapportée (Astudillo *et al*, 1960).

4. Influence du sexe du poulain sur la durée de gestation :

Dans notre étude, la durée moyenne de gestation, chez les juments ayant pouliné des mâles était plus longue ($333,71 \pm 8,39$ jours) que celles des juments ayant pouliné des femelles ($332,19 \pm 8,68$ jours), alors que l'effet du sexe du poulain sur la durée de gestation, était significatif ($P < 0,005$), avec une différence moyenne de 1,52 jour. McCue et Ferris (2011) ont rapporté une durée de gestation plus longue chez les juments donnant naissance à des mâles avec une durée de gestation de 344 jours, plus longue que celle des poulains femelles (341,3 jours). Vivo *et al* (1983) et Pérez *et al* (2003) ont trouvé aussi que les poulains mâles ont une durée de gestation plus longue de 2 à 3 jours que les poulains femelles. Plusieurs autres auteurs ont étudiés l'effet du sexe du poulain sur la durée de gestation, chez les équidés (Kodagali, 1973; Akkayan et Demirtel, 1974; Hintz *et al*, 1979a; Schermerhorn *et al*, 1980; Hevia *et al*, 1994; Panchal *et al*, 1995; Davies-Morel *et al*, 2002), et ont trouvé une différence statistiquement significative, la gestation des poulains mâles était de 1,7 à 7 jours plus longue.

De façon générale, les mâles de plusieurs espèces, ont une durée de gestation plus longue que les femelles de la même espèce, sans raison claire. Il est connu que le développement corporel des mâles est plus important que celui des femelles, et la naissance ne se produit que lorsque le développement fœtal est achevé ; les fœtus mâles ont une durée de gestation plus longue même s'ils ont un meilleur développement placentaire qui leur permet une croissance plus rapide que celle des femelles (Wilsher et Allen, 2002).

De plus une plus longue durée de gestation des mâles a été justifiée par l'action des androgènes (Zegher *et al*, 1999), à la différence de l'action des systèmes endocriniens des fœtus mâles et femelles, sur le mécanisme de déclenchement de la parturition (Jainudeen et Hafez, 1993). L'action des chromosomes sexuels a été aussi supposée (Pergament *et al*, 1994).

2° CHAPITRE : ETUDE DES PARAMETRES DE REPRODUCTION

A) RESULTATS

1. EVALUATION DE LA FERTILITE PAR ANNEE DE REPRODUCTION :

Sur l'ensemble des années de 1985 à 2010, les résultats enregistrés concernant les taux d'oestrus, d'infertilité, de gestation et de parturition sont résumés dans le tableau N° 09 :

Tableau N° 09 : Répartition globale des taux d'oestrus, d'infertilité, de gestation et de parturition par année de reproduction.

Année	Juments	En œstrus		Infertilité		Avortement		Gestation		Poulinage	
	N	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1985	89	64	71,91	38	42,70	1	1,12	51	57,30	50	56,18
1986	83	64	77,11	20	24,10	1	1,20	63	75,90	62	74,70
1987	88	77	87,50	24	27,27	3	3,41	64	72,73	61	69,32
1988	91	79	86,81	30	32,97	0	0,00	61	67,03	61	67,03
1989	96	77	80,21	33	34,38	2	2,08	63	65,63	61	63,54
1990	95	81	85,26	37	38,95	2	2,11	58	61,05	56	58,95
1991	92	83	90,22	41	44,57	4	4,35	51	55,43	47	51,09
1992	98	84	85,71	38	38,78	2	2,04	60	61,22	58	59,18
1993	96	91	94,79	34	35,42	1	1,04	62	64,58	61	63,54
1994	96	85	88,54	44	45,83	1	1,04	52	54,17	51	53,13
1995	80	67	83,75	45	56,25	3	3,75	35	43,75	32	40,00
1996	102	76	74,51	51	50,00	1	0,98	51	50,00	50	49,02
1997	96	86	89,58	41	42,71	3	3,13	55	57,29	52	54,17
1998	94	64	68,09	59	62,77	2	2,13	35	37,23	33	35,11
1999	84	69	82,14	53	63,10	0	0,00	31	36,90	31	36,90
2000	78	72	92,31	33	42,31	1	1,28	45	57,69	44	56,41
2001	72	62	86,11	48	66,67	3	4,17	24	33,33	21	29,17
2002	67	58	86,57	15	22,39	2	2,99	52	77,61	50	74,63
2003	73	52	71,23	10	13,70	4	5,48	63	86,30	59	80,82
2004	69	58	84,06	18	26,09	1	1,45	51	73,91	50	72,46
2005	72	52	72,22	15	20,83	0	0,00	57	79,17	57	79,17
2006	64	43	67,19	9	14,06	4	6,25	55	85,94	51	79,69
2007	65	58	89,23	15	23,08	5	7,69	50	76,92	45	69,23
2008	66	53	80,30	20	30,30	4	6,06	46	69,70	42	63,64
2009	69	58	84,06	14	20,29	5	7,25	55	79,71	50	72,46
2010	80	65	81,25	27	33,75	0	0,00	53	66,25	53	66,25
Total	2155	1778	82,51	812	37,68	55	2,55	1343	62,32	1288	59,77

D'après nos résultats, sur un total de 2155 juments présentées à la reproduction, 59,77% (1288/2155) ont donné des produits viables. Alors que 82,51% (1778/2155) étaient observées en chaleurs. Cependant 37,68% (812/2155) des juments ont été répertoriées infertiles.

Les meilleurs taux de poulinages ont été observés durant les années 2003, 2005 et 2006 avec 80,82%, 79,17% et 79,69% respectivement. Alors que le taux le plus bas a été observé durant l'année 2001 avec 29,17% de poulinages et 66,67% d'infertilités. Sur une durée de 26 années consécutives, 55 avortements ont été recensés avec un taux de 2,55% (55/2155).

1.1. Le taux de venue en chaleur par année :

D'après nos résultats, sur un total de 2155 juments mises à la reproduction, 1778 juments ont été observées en chaleur avec un taux de 82,51%. Les taux de venue en chaleurs les plus bas ont été de 67,19% en 2006 et 68,09% en 1998. Par contre les taux les plus élevés ont été respectivement de 90,22% en 1991, 92,31% en 2000 et 94,79% en 1993. La variation des taux de venue en chaleur de nos juments est bien illustrée dans la figure n°5 :

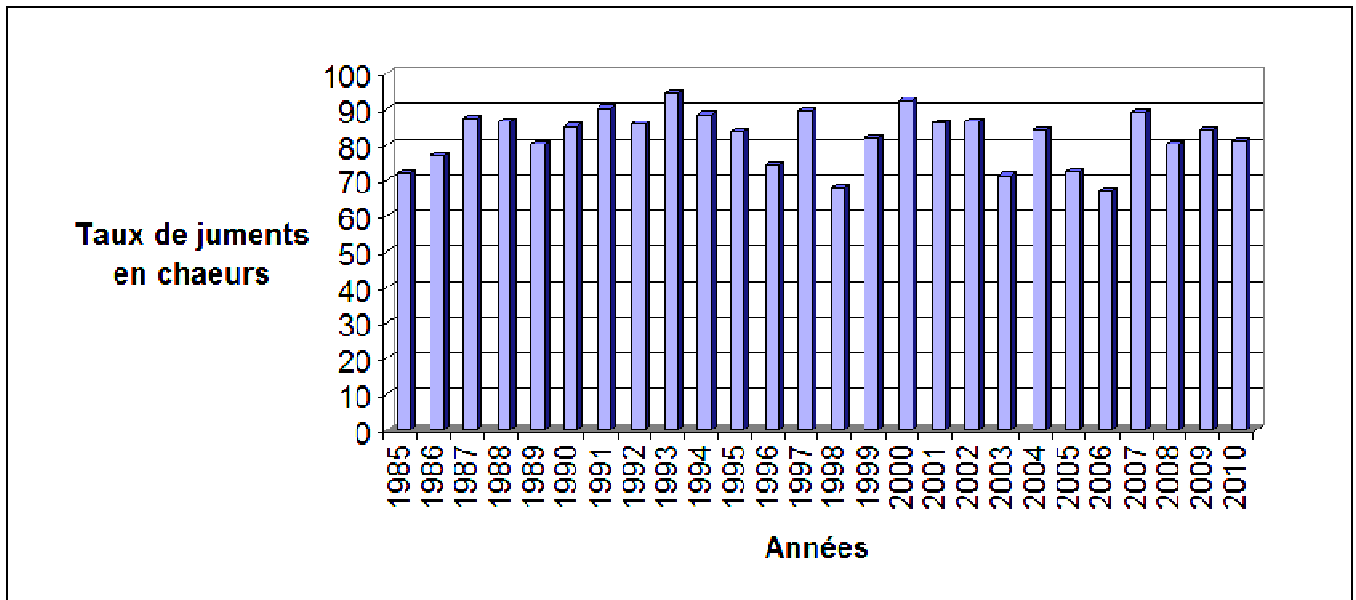


Figure N°05 : Histogramme des variations des taux de juments venues en chaleurs selon les années.

1.2. Le taux d'infertilité par année :

D'après nos résultats, chez les 2155 juments présentées à la reproduction, durant les vingt-cinq années. Les taux d'infertilité les plus bas ont été respectivement de 14,06% en 2006 et 13,70% en 2003. Alors que les taux les plus importants ont été respectivement de 66,67% en 2001 et de 63,10% en 1999. L'histogramme ci dessous illustre les variations des taux au cours des années :

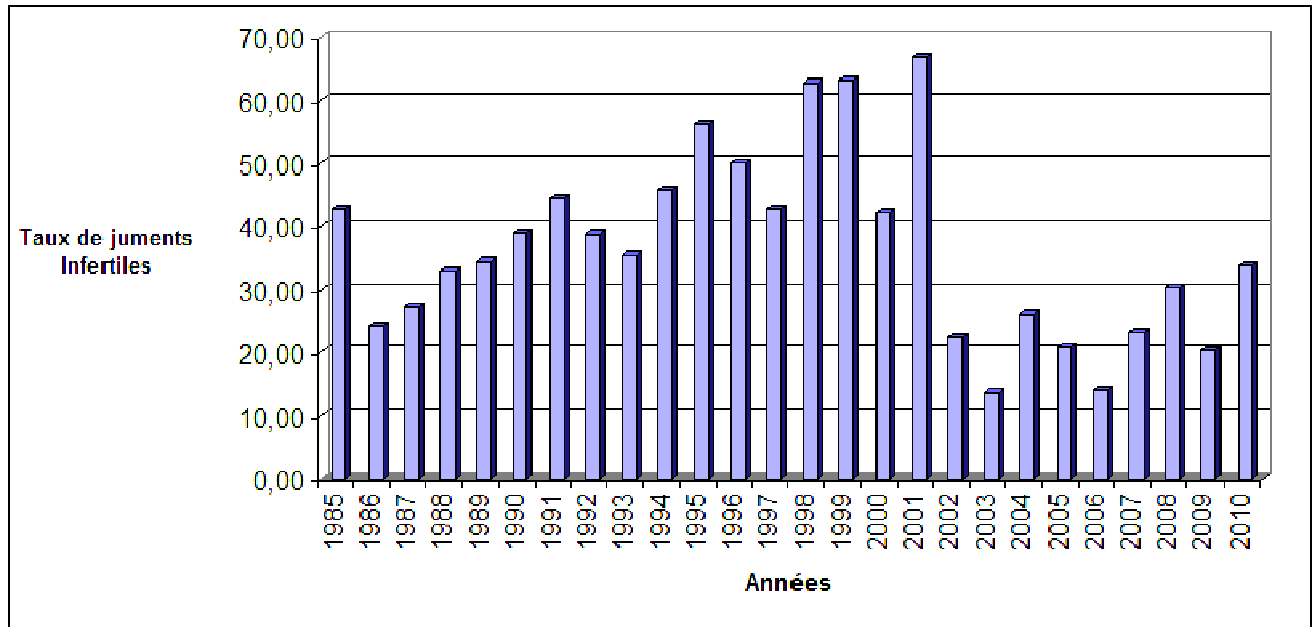


Figure N°06 : Histogramme des variations des taux de juments Infertiles selon les années

1.3. Le taux d'avortement par année :

Durant toute la période de l'étude, Le taux d'avortements enregistré sur 26 ans a été de 2,55% (55/2155), il est à signaler qu'aucun avortement n'a été observé durant quatre années à savoir 1988, 1999, 2005 et 2010. Cependant le taux d'avortement le plus bas de 0,98% (1/102) a été observé en 1996. Alors que les taux les plus hauts ont été observés respectivement de 7,69% (5/65) en 2007 et 7,25% (5/69) en 2009. L'histogramme ci-dessous illustre la variation des taux d'avortements selon les années :

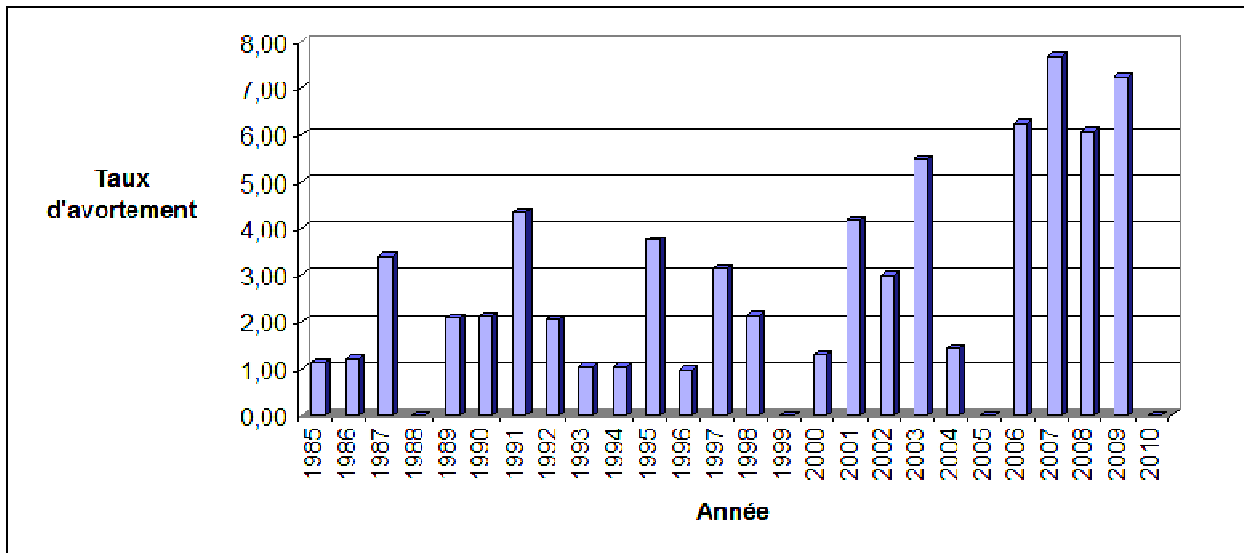


Figure N°07 : Histogramme des variations des taux d'avortements selon les années

1.4. Le taux de gestation par année :

D'après nos résultats, durant 26 années de reproduction, sur un total de 2155 juments présentées à la reproduction, 1343 juments ont eu une gestation confirmée à savoir (62,32%). Cependant les taux de gestation les plus bas observés ont été respectivement de 33,33% (24/72) en 2001, 36,90% (31/84) en 1999 et 37,23% (35/94) en 1998. Alors que les taux les plus élevés observés ont été respectivement de 85,94% (55/64) en 2006 et 86,30% (63/73) en 2003. L'histogramme ci-dessous illustre les différents taux de gestation durant toute la période étudiée :

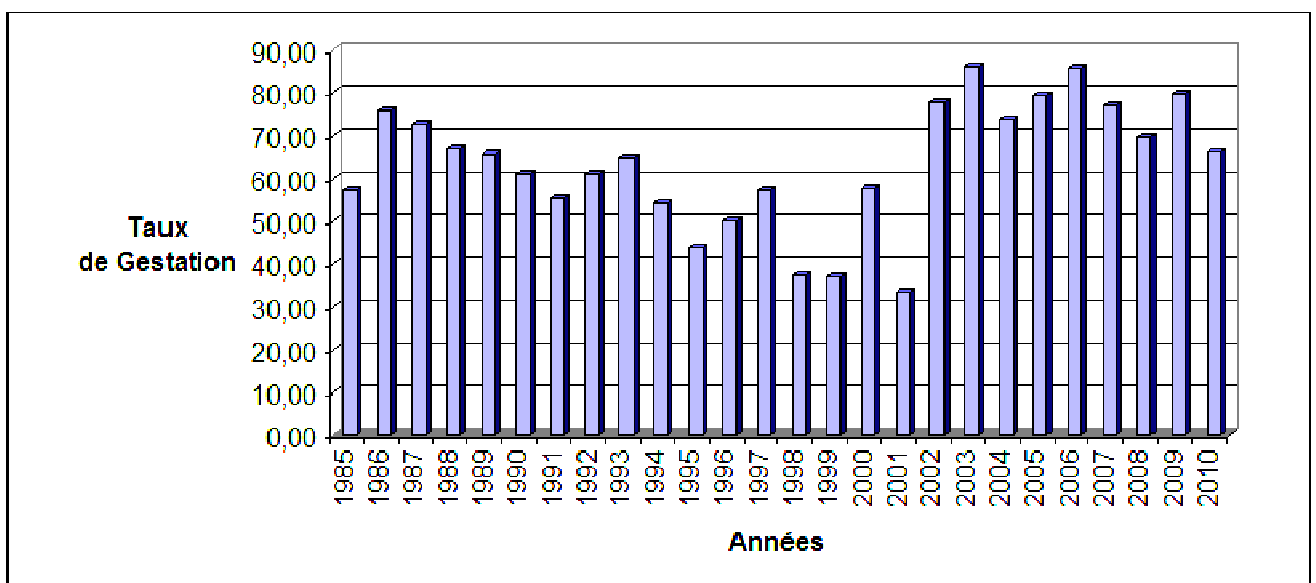


Figure N°08 : Histogramme des variations des taux de juments gestantes selon les années

1.5. Le taux de poulinage par année :

Le taux moyen de poulinage sur les 26 années de reproduction a été de 59,77% (2155/1288). Alors que les taux de poulinages les plus bas enregistrés ont été respectivement de 29,17% (21/72) en 2001 et 35,11% (33/94) en 1998. Par contre les taux les plus élevés ont été observés en 2003 avec 80,82% (59/73) et en 2006 avec 79,69% (51/64). L'histogramme ci-dessous résume l'évolution des taux de poulinages avec les années :

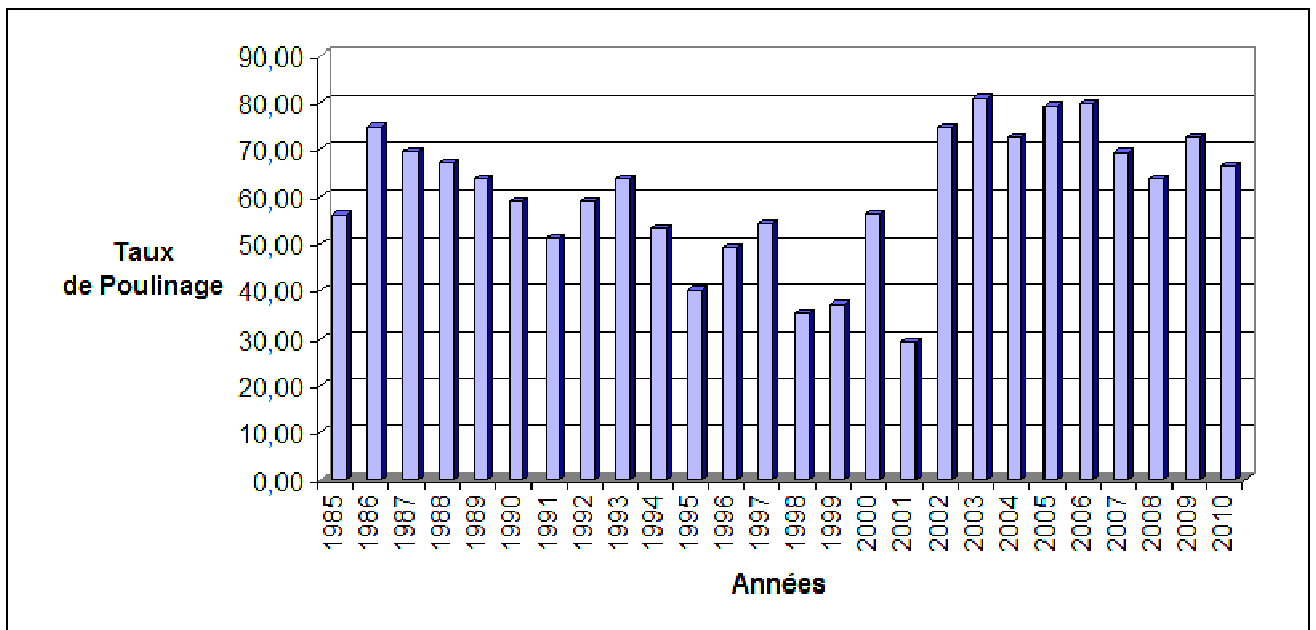


Figure N°09 : Histogramme des variations des taux de poulinages selon les années

2. DETERMINATION DES FACTEURS INFLUENÇANT L'HEURE DE NAISSANCE :

Pour étudier les paramètres qui influencent l'heure de naissance, nous avons procédé à l'analyse de l'heure de naissance de 328 poulains entre 2003 et 2010. Les résultats obtenus ont été répartis comme suit :

2.1. Répartition des naissances dans la journée :

Les résultats concernant le moment de naissance sont résumés dans le tableau n° 10 :

Tableau N°10 : Répartition des naissances selon l'heure de poulinage

HEURE	n	Taux (%)
00 :00	23	7,01
01 :00	19	5,79
02 :00	21	6,40
3 :00	26	7,93
4 :00	29	8,84
05 :00	8	2,44
06 :00	19	5,79
7 :00	11	3,35
08 :00	11	3,35
09 :00	5	1,52
10 :00	3	0,91
11 :30	1	0,30
13 :00	2	0,61
14 :00	1	0,30
15 :00	1	0,30
16 :00	3	0,91
17 :00	6	1,83
18 :00	7	2,13
19 :00	22	6,71
20 :00	25	7,62
21 :00	28	8,54
22 :00	28	8,54
23 :00	29	8,84
Total	328	100,00

D'après nos résultats, les taux les plus élevés de poulinage ont été enregistrés entre 19h et 6h du matin, avec un maximum de 8,84% à 23h et 4h. alors que les taux les plus bas ont été enregistrés

pendant la journée entre 9h et 17h avec un minimum de 0,3% à 11h,14h et 15h. Nous avons observé que 84,45% des naissances se passaient entre 19h et 6h.

2.2. Répartition des naissances selon l'heure et le sexe du poulain :

Par cette approche nous avons voulu vérifier l'effet du sexe du poulain sur l'heure de la naissance, les données sont représentées dans le tableau N°11 :

Tableau N°11 : Répartition des naissances par sexe dans la journée avec l'heure de naissance

HEURE	Mâles	Femelles	Total
00 :00	11	12	23
01 :00	6	13	19
02 :00	10	11	21
3 :00	14	12	26
4 :00	17	12	29
05 :00	6	2	8
06 :00	13	6	19
7 :00	5	6	11
08 :00	6	5	11
09 :00	1	4	5
10 :00	3	0	3
11 :30	1	0	1
13 :00	2	0	2
14 :00	0	1	1
15 :00	1	0	1
16 :00	1	2	3
17 :00	1	5	6
18 :00	3	4	7
19 :00	10	12	22
20 :00	10	15	25
21 :00	13	15	28
22 :00	17	11	28
23 :00	18	11	29
Total	169	159	328

Pour savoir si le sexe du nouveau né pouvait influencer le moment de naissance, nous avons eu recours à l'analyse de la variance, nos résultats ont montré que le sexe du nouveau né n'avait eu aucun effet sur le moment de poulinage ($P = 0,614$).

Nous avons, par ailleurs, procédé à une analyse statistique des différents paramètres pouvant influencer l'heure de la naissance, seules la jument et l'année de naissance avaient un effet hautement significatif sur l'heure de poulinage ($p < 0,05$), alors que le mois de naissance et l'âge de la mère ont été sans effet.

3. ÉVOLUTION DES DIAMETRES FOLLICULAIRES AVANT OVULATION :

Durant les deux années 2007 et 2008, 73 juments ont subi plus de 330 échographies, les follicules dominants ont été observés et mesurés pendant 8 jours, pour toutes les juments. La moyenne des diamètres folliculaires chez les juments et les taux d'évolution sont présentés dans le Tableau n°10. 15,07% (11/73) des juments n'ont montré aucun développement folliculaire terminal et ont été considérées comme ayant une inactivité ovarienne.

Tableau N°12 : Diamètre moyen des follicules dominants et taux d'évolution chez la jument

Jours post-partum	Jours avant Ovulation	Nombre de juments	Diamètre moyen (mm)	Taux d'évolution (mm/jour)	Min	Max
J7	J-8	2	31,50±6,36	-	27	36
J8	J-7	5	33,20±6,80	1,70	25	43
J9	J-6	16	32,63±5,90	0,58	22	42
J10	J-5	25	32,76±5,29	0,13	23	43
J11	J-4	35	36,29±5,57	3,53	23	45
J12	J-3	50	38,12±5,77	1,83	27	48
J13	J-2	54	40,69±4,85	2,57	28	50
J14	J-1	62	43,16±4,91	2,48	34	58

D'après nos résultats, à huit jours avant ovulation, le diamètre moyen des follicules dominants a été de 31,50±6,36 mm, seules les follicules dominants, de deux juments ont pu être détectés huit jours à l'avance, les autres juments présentaient seulement de petits follicules sur les ovaires. A un jour d'ovulation, la moyenne des diamètres folliculaires a été de 43,16±4,91 mm.

La moyenne d'évolution des diamètres folliculaires a été très élevée quatre jours avant ovulation, avec 3,53 mm/jour, mais elle a diminué juste après.

Dans la figure N°04, l'évolution de la moyenne des diamètres folliculaires est très bien illustrée, la croissance folliculaire dessine une ligne droite à l'approche de l'ovulation :

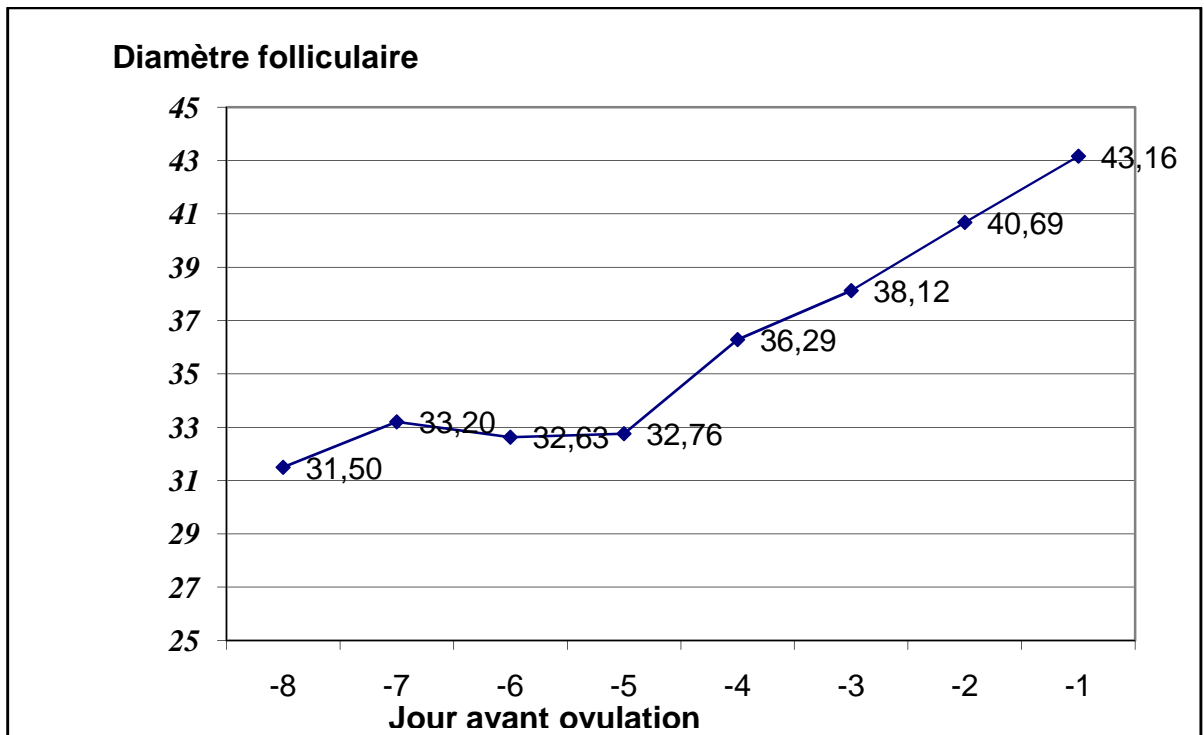


Figure N°04 : Évolution des diamètres folliculaires avant ovulation

B) DISCUSSION

1. Les paramètres de reproduction

Selon l'année de reproduction, et sur une durée de 26 ans, les taux d'œstrus, de gestation, d'infertilité, de parturition et d'avortement ont été rapportés dans notre étude. Les taux de gestation et de poulinage ont été plus bas avant l'année 2002, le taux le plus élevé a été enregistré pour l'année 2003 (80,82%). Ces résultats peuvent être expliqués par une meilleure gestion de la reproduction et l'introduction de l'échographie comme moyen de suivi dans le centre de Chaouchaoua.

Concernant les taux d'œstrus, de gestation, d'infertilité, de poulinage et d'avortement qui ont été enregistrés chez les 2155 juments de notre étude, nous avons eu respectivement 82,51%, 62,32%, 37,68%, 59,77% et 2,55%. Ces résultats sont dans les limites de ce qui a été rapporté dans la littérature.

Cependant, certaines discordances ont été notées surtout, pour le taux d'observation en oestrus de l'année 2006 et ceci a été expliqué par un défaut de notation de la part du personnel.

Concernant les avortements enregistrés dans notre étude, le taux général sur 26 ans a été de 2,55%, ce taux est inférieur à ceux rapportés dans d'autres études (Hemberg *et al*, 2004 et Cilek, 2009). Selon Cilek (2009), Yang et Cho (2007), l'avortement peut être causé par une insuffisance lutéale, des endométrites, la présence de jumeaux, la rhinopneumonie virale équine.

Des saillies effectuées tôt dans la saison de reproduction sont à l'origine d'un taux plus élevé de gestation qu'en fin de saison (Katila, 2003 ; Longlois et Blouin, 2004). A la fin de la saison, restent seulement les *repeat breeders*, ce qui explique cette différence (Katila, 2003). Longlois et Blouin (2004) ont rapporté que les saillies débutant tôt dans la saison donnent plus de chance aux juments de concevoir, c'est pour cela qu'elles sont très recommandées.

2. l'heure de poulinage :

Dans notre étude, 76,19% des poulinages se passent entre 19h et 7h, nos résultats se rapprochent de ceux rapportés par Sevinga *et al* (2004) qui parlent de 81,2% durant la même période. Rossdale et Short (1967) ont rapporté que 86% des poulinages se produisent entre 19h et 7h avec une incidence maximale entre 22h et 23h. Pour McCue et Ferris (2011), 13,4% des poulains seulement sont nés entre 8h et 17 h alors que 72,7% des poulains sont nés entre 20h et 06h. 27,3% entre 06h et 20h avec une majorité de 52,8% entre 20h et 2h du matin.

Nous avons aussi noté un effet significatif de la jument et de l'année de naissance sur l'heure de poulinage ($P < 0,05$), alors que le sexe du poulain et le mois de la naissance ont été sans effet significatif. Il est d'autant plus intéressant de signaler qu'un effet similaire, quoique moins exprimé, du rythme circadien sur l'heure de naissance est bien connu chez la femme (Malek *et al*, 1962; Kaiser & Halberg, 1962). Cependant, chez la brebis et le hamster doré, les naissances sont plus courantes pendant le jour (Lindahl, 1964).

Le processus de la parturition a été sujet à de grandes contraintes, alors que n'importe quel rythme circadien semble provoquer une certaine adaptation. Dans la nature, même si les naissances pendant la nuit offrent une plus grande chance de protection contre les prédateurs, en même temps, la majorité des prédateurs sont actifs pendant la nuit. Il est très intéressant de savoir que les

facteurs environnementaux mènent les chevaux à développer des mécanismes aussi efficaces pour concentrer les naissances pendant la nuit (Rossdale et Short, 1967).

3. Evolution du diamètre folliculaire :

Dans notre étude, la moyenne des diamètres des follicules préovulatoires enregistrée, a été de $43,16 \pm 4,91$ mm, ce qui est en accord avec les données rapportées par Palmer et Driancourt (1980), Ginther (2000, 1986), Pierson et Ginther (1985). Le diamètre maximal d'un follicule préovulatoire noté a été de 58 mm et le diamètre minimum a été de 34 mm.

Dans notre étude, 48h avant ovulation, le taux de croissance folliculaire a été de 2,57mm/j et il a été de 2,48 mm/j 24h avant ovulation. Un ralentissement de la croissance folliculaire à l'approche de l'ovulation de 1,4 mm/jour a été rapporté par Palmer et Driancourt (1980).

Les juments doivent être saillies lorsqu'un follicule de 38 à 42 mm est détecté à l'échographie. L'ovulation de ce follicule se fera dans 95% des cas dans 1 à 2 jours. Les follicules dominants des grandes vagues anovulatoires, n'atteignent généralement pas un diamètre moyen comparable avec le diamètre maximal de follicules préovulatoires (Ginther, 2000). Pierson et Ginther (1985) ont rapporté que le follicule préovulatoire est dominant 6 jours, ou plus, avant ovulation. Les auteurs ont rapporté une croissance linéaire de 99,5% du follicule, dès le 7^e jour avant ovulation.

Chez la jument, le jour où émerge le futur follicule ovulatoire n'est pas connu (Ginther et *al*, 2004). Le diamètre du plus gros follicule est supérieur à 20mm et commence à augmenter dès le 7^e jour avant ovulation, avec un diamètre maximum atteint avant ovulation (Vandeplassche, 1981 ; Derar et Hussein, 2011), ces résultats sont similaires à ceux rapportés dans cette étude.

La grande variation de la taille des follicules préovulatoires et de la durée de l'oestrus, chez les juments, rend la prédiction d'ovulation difficile, cependant, la combinaison d'un follicule qui dépasse 40 mm de diamètre avec un léger ramollissement semble être le meilleur prédicteur d'ovulation (Ginther, 2000). Plusieurs auteurs ont décrit le ramollissement du follicule préovulatoire chez la jument. Les follicules préovulatoires montrent un changement dans la consistance et la turgescence pendant l'oestrus dans 90% des cas (Ginther, 1979, Parker, 1971). Peu de temps avant ovulation, le follicule se ramolli dans 40% des juments (England, 1996 ; Ginther, 1979) et cette constatation est un bon signe d'ovulation.

3^e CHAPITRE : LES PARAMETRES SANGUINS

A) RESULTATS

1. Variation du taux sérique en calcium :

Tableau N°13 : Les taux sériques en calcium selon la phase de reproduction

Phase de reproduction	n	Calcium (mmol/L)
Pouliches	5	2,91±0,03 ^a
Fin de gestation	7	3,13±0,62 ^a
Début de gestation	11	2,81±0,16 ^a
Œstrus	8	2,71±0,21 ^a
Infertile	8	3,78±0,51 ^b
Post-partum	4	2,74±0,09 ^a

Dans le tableau ci-dessus, les taux sériques les plus élevés en calcium ont été observé chez les juments infertiles et celles en fin de gestation (3,78±0,51 mmol/l et 3,13±0,62 mmol/l respectivement). Alors que les taux les plus bas ont été de 2,74±0,09 mmol/l et 2,71±0,21 mmol/l pour les juments en post-partum et les juments en œstrus respectivement. Ceci est très bien illustré dans la figure n°10 :

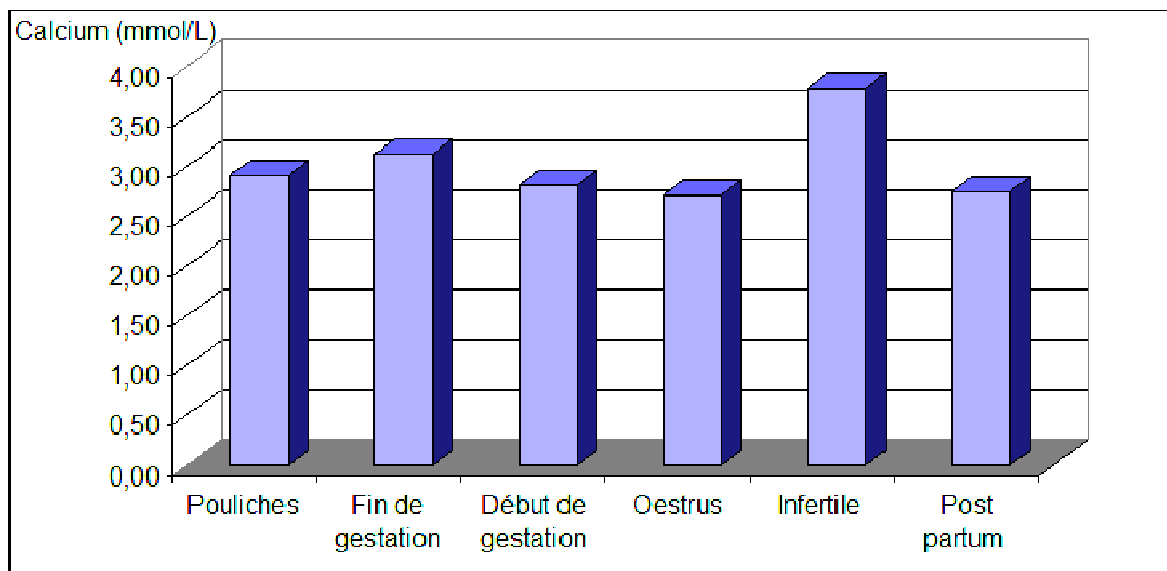


Figure N°10 : Histogramme des taux sériques en calcium des différents groupes de juments

Pour déterminer s'il y avait une différence significative entre ces taux de calcium selon la phase de reproduction, nous avons eu recours à l'analyse de la variance. Nos résultats ont montré que le taux de calcium chez les juments infertiles était significativement plus élevé que chez les autres groupes ($P < 0,05$).

2. Variation du taux sérique en phosphore inorganique :

Tableau N°14 : Les taux sériques en phosphore inorganique selon la phase de reproduction

Phase de reproduction	n	Phosphore inorganique (mmol/L)
Pouliches	5	1,32±0,25 ^b
Fin de gestation	7	0,91 ±0,11 ^a
Début de gestation	11	0,93 ±0,13 ^a
Œstrus	8	0,97±0,21 ^a
Infertile	8	0,93±0,22 ^a
Post-partum	4	0,81±0,08 ^a

Dans le tableau ci-dessus, le taux sérique le plus élevé en phosphore inorganique a été observé chez les pouliches avec 1,32±0,25 mmol/l. Alors que les taux les plus bas ont été observés chez les juments en post-partum avec 0,81±0,08 mmol/L et celles en fin de gestation avec 0,91±0,11 mmol/l. Ceci est très bien illustré dans la figure N°11.

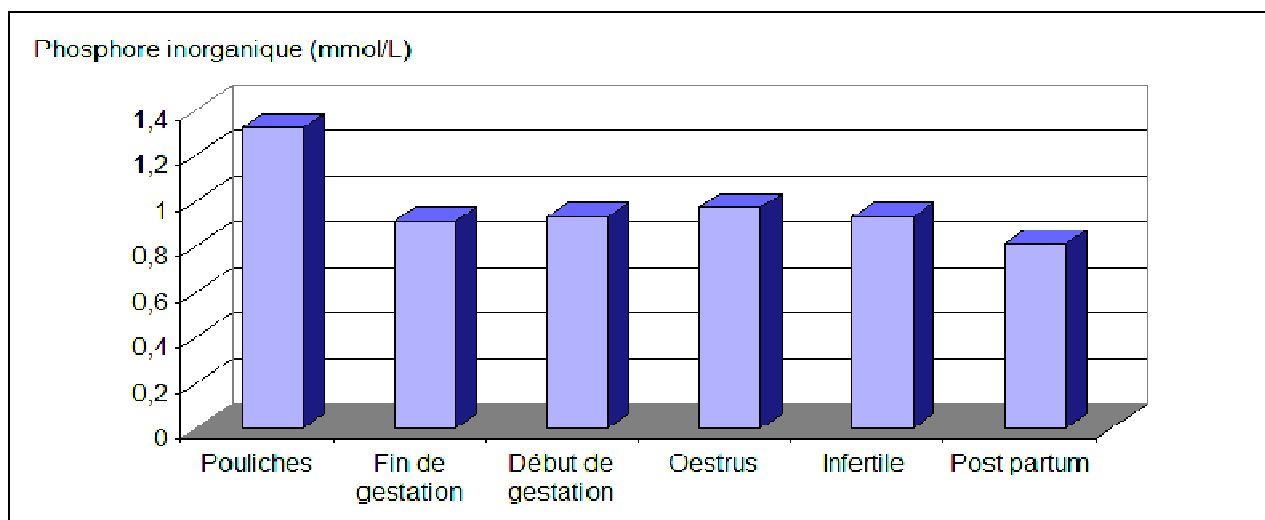


Figure N°11 : Histogramme des taux sériques en phosphore inorganique des différents groupes de juments

Dans notre étude, le taux sérique en phosphore inorganique chez les pouliches était significativement plus élevé que chez les juments des autres groupes ($P < 0,05$). De même, le rapport Calcium/Phosphore a été significativement ($P < 0,05$) inférieur chez les pouliches et les juments infertiles ($2,17 \pm 0,41$ vs $4,42 \pm 1,61$) et chez les juments en post-partum ($2,17 \pm 0,41$ vs $3,42 \pm 0,30$).

3. Variation du taux sérique en magnésium :

Tableau N° 15 : Les taux sériques en magnésium selon la phase de reproduction

Phase de reproduction	n	Magnésium (mmol/l)
Pouliches	5	$0,57 \pm 0,07^a$
Fin de gestation	7	$0,67 \pm 0,05^a$
Début de gestation	11	$0,61 \pm 0,09^a$
Œstrus	8	$0,67 \pm 0,09^a$
Infertile	8	$0,62 \pm 0,04^a$
Post-partum	4	$0,59 \pm 0,04^a$

Dans le tableau N°3, les taux sériques en magnésium les plus bas ont été enregistré chez les pouliches et les juments en post-partum à savoir $0,57 \pm 0,07$ mmol/l et $0,59 \pm 0,04$ mmol/l respectivement. Alors que les taux les plus élevés ont été de $0,67 \pm 0,09$ mmol/l et $0,67 \pm 0,05$ mmol/l chez les juments en œstrus et celles en fin de gestation respectivement. Ceci est très bien illustré dans la figure n°12.

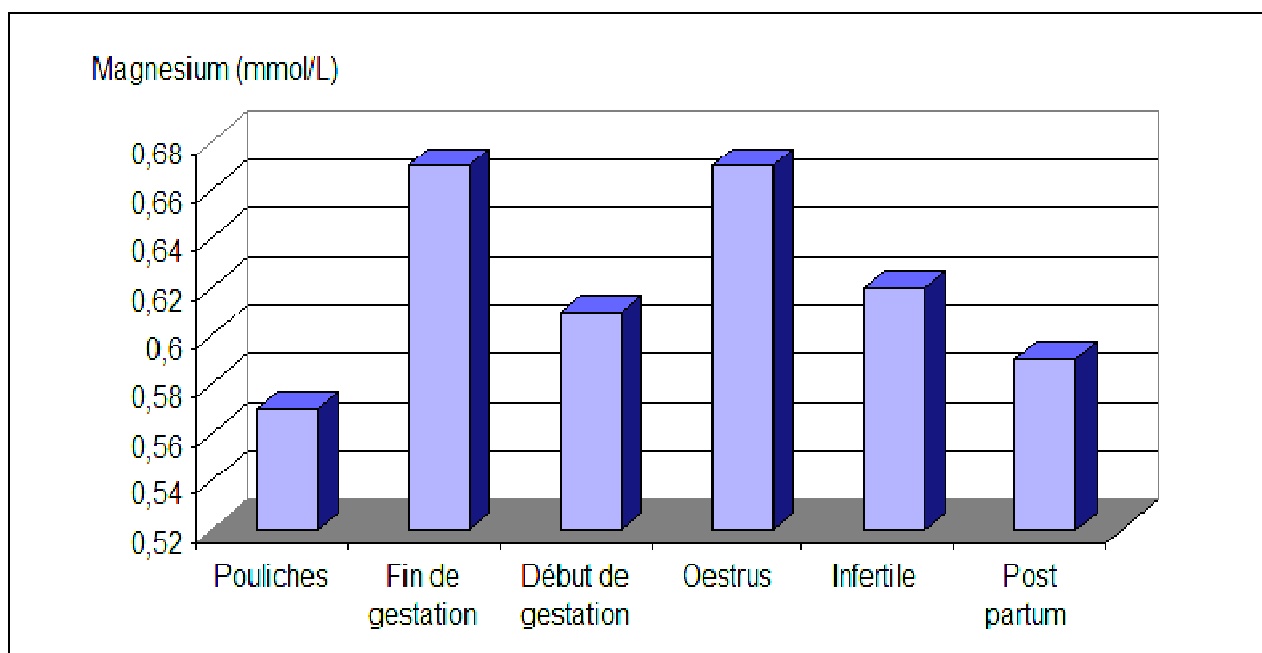


Figure N°12 : Histogramme des taux sériques en magnésium des différents groupes de juments

Dans notre étude, aucune différence significative n'a été observée entre les groupes pour les taux sériques en magnésium.

4. Variation du taux sérique en sodium :

Tableau N°16 : Les taux sériques en sodium selon la phase de reproduction

Phase de reproduction	n	Sodium (mmol/l)
Pouliches	5	135,62±1,75 ^{ac}
Fin de gestation	7	133,29±4,24 ^a
Début de gestation	11	137,21±1,16 ^c
Œstrus	8	136,46±2,60 ^{ac}
Infertile	8	129,67±2,59 ^d
Post-partum	4	135,83±2,90 ^{ac}

Les taux sériques en sodium les plus élevés ont été enregistrés chez les juments en début de gestation avec 137,21±1,16mmol/l et celles en œstrus avec 136,46±2,60 mmol/l, cependant, le taux le plus bas a été enregistré chez les juments en fin de gestation avec 133,29±4,24 mmol/l.

Ceci est très bien illustré dans la figure n°13.

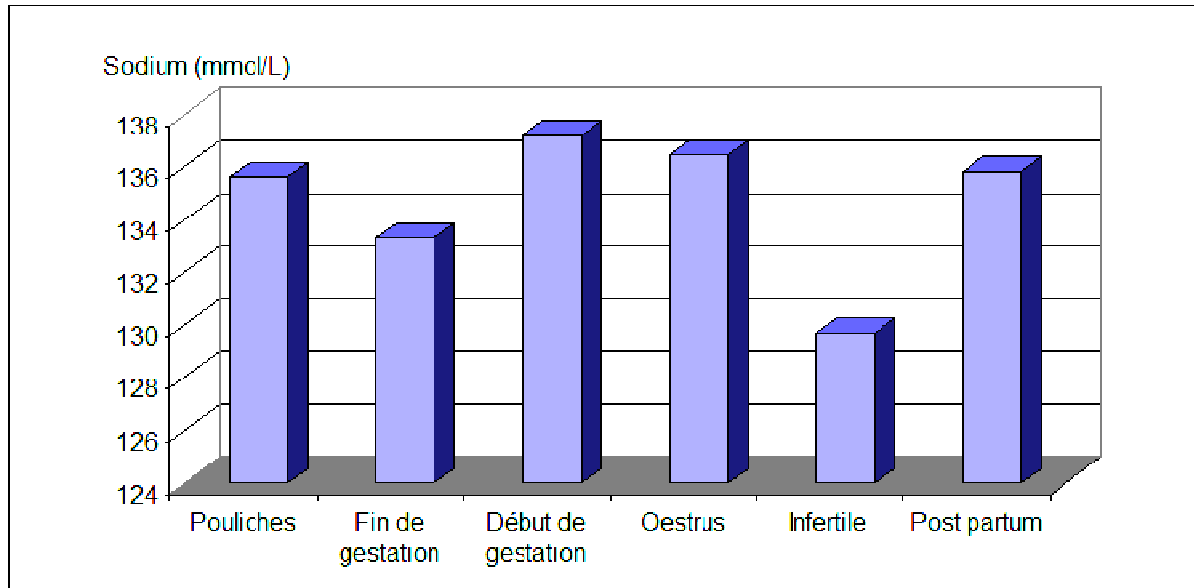


Figure N°13 : Histogramme des taux sériques en sodium des différents groupes de juments.

Le taux sérique en sodium, dans cette étude, a été significativement ($P < 0,05$) inférieur chez les juments infertiles que chez les autres groupes, alors que le niveau le plus élevé a été observé chez les juments en début de gestation.

5. Variation du taux sérique en potassium :

Tableau N°17 : Les taux sériques en potassium selon la phase de reproduction

Phase de reproduction	n	Potassium (mmol/l)
Pouliches	5	4,39±0,64 ^a
Fin de gestation	7	4,03±0,29 ^{abc}
Début de gestation	11	3,56±0,54 ^{bc}
Oestrus	8	3,63±0,85 ^{bc}
Infertile	8	3,98±0,32 ^{abc}
Post-partum	4	3,16±0,24 ^c

Dans le tableau N°5, les taux sériques les plus élevés ont été enregistrés chez les pouliches et les juments en fin de gestation à savoir 4,39±0,64 mmol/l et 4,03±0,29 mmol/l respectivement.

Cependant, les taux les plus bas ont été de $3,16 \pm 0,24$ mmol/l, $3,56 \pm 0,54$ mmol/l et $3,63 \pm 0,85$ mmol/l pour les juments en Post-partum, en début de gestation et celles en œstrus. Ceci est très bien illustré dans la figure N°14 :

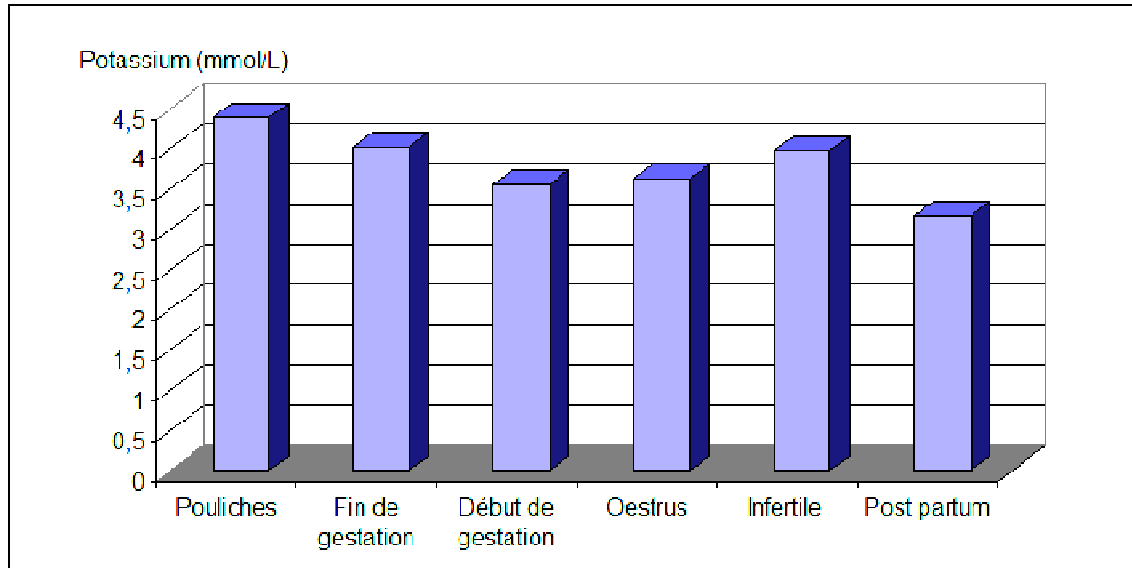


Figure N°14 : Histogramme des taux sériques en potassium des différents groupes de juments

D'après nos résultats, les taux moyens en potassium ont été significativement plus élevés chez les pouliches ($P < 0,05$), Cependant, le taux le plus bas a été enregistré chez les juments en post-partum. Dans notre étude, les juments en Post-partum avaient un rapport sodium/potassium de $43,15 \pm 3,60$. Ce rapport a été significativement différent ($P < 0,05$) de ceux des juments en fin de gestation ou infertiles.

6. Variation du taux sérique en glucose :

Tableau N°18 : Les taux sériques en glucose selon la phase de reproduction

Phase de reproduction	n	Glucose (mmol/l)
Pouliches	5	$7,36 \pm 0,56^a$
Fin de gestation	7	$7,09 \pm 0,51^a$
Début de gestation	11	$6,55 \pm 0,50^a$
Œstrus	8	$7,25 \pm 0,59^a$
Infertile	8	$7,17 \pm 0,41^a$
Post-partum	4	$7,15 \pm 0,20^a$

D'après nos résultats, les taux de glycémie les plus élevés ont été enregistrés chez les pouliches et les juments en œstrus avec $7,36 \pm 0,56$ mmol/l et $7,25 \pm 0,59$ mmol/l respectivement. Alors que le taux le plus bas a été de $6,55 \pm 0,50$ mmol/l chez les juments en début de gestation. Ceci est très bien illustré dans la figure n°15 :

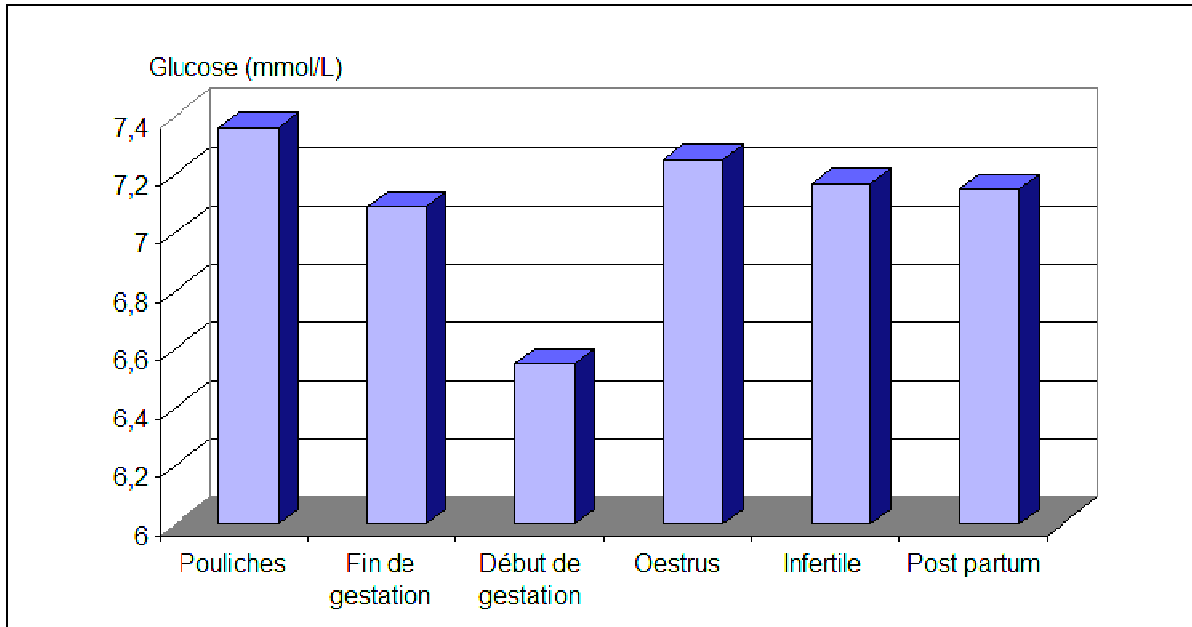


Figure N°15 : Histogramme des taux sériques en glucose des différents groupes de juments.

Chez les juments dans notre étude, les valeurs de la glycémie en début de gestation ont été plus bas par rapport aux autres groupes, nous avons enregistré une différence significative ($P < 0,05$) du taux de glycémie entre les juments en début de gestation et celles en œstrus ($7,25 \pm 0,59$ mmol/l) et les pouliches ($7,36 \pm 0,56$ mmol/l).

7. Variation du taux sérique en triglycérides :

Les taux de triglycérides dans le sang enregistré chez les différents groupes de juments sont rapportés dans le tableau N°19 :

Tableau N°19 : Les taux sériques en triglycérides selon la phase de reproduction

Phase de reproduction	n	Tri- Glycérides (g/l)
Pouliches	5	0,17±0,06 ^{ac}
Fin de gestation	7	0,29±0,07 ^b
Début de gestation	11	0,12±0,03 ^a
Œstrus	8	0,18±0,04 ^{ac}
Infertile	8	0,24±0,13 ^{bc}
Post-partum	4	0,13±0,02 ^{ac}

Les niveaux les plus élevés ont été observés chez les juments en fin de gestation et les juments infertiles avec 0,29±0,07 g/l et 0,24±0,13 g/l respectivement. Alors que les taux les plus bas ont été enregistrés chez les juments en Post-partum et en début de gestation avec 0,13±0,02 g/l et 0,12±0,03 g/l. Ceci est très bien illustré dans la figure n°16 :

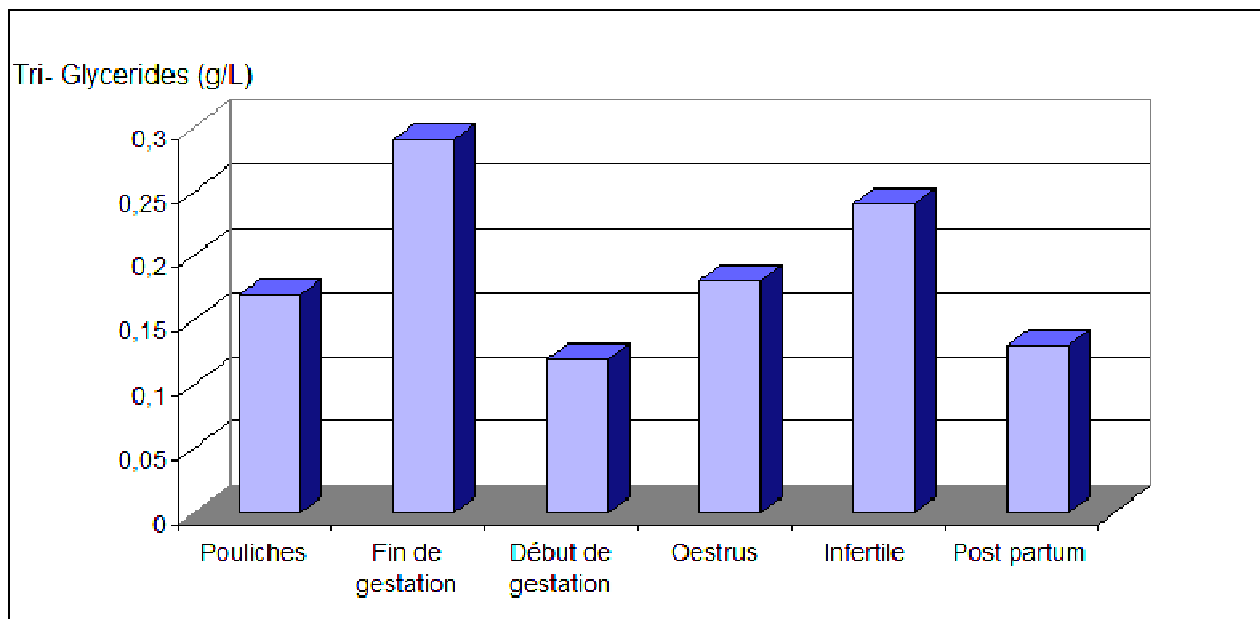


Figure N°16 : Histogramme des taux sériques en triglycérides des différents groupes de juments

B) DISCUSSION

1. Variation du taux sérique en calcium :

Le calcium et le phosphore inorganique représentent 70% des minéraux contenus dans l'organisme (Harrison, 1998), leurs fonctions biologiques sont bien connues, bien que chez les chevaux leur régulation homéostatique n'est pas bien claire (Breidenbach et *al*, 1998). Dans notre étude, les taux sériques les plus élevés en calcium ont été observés chez les juments infertiles et celles en fin de gestation ($3,78 \pm 0,51$ mmol/l et $3,13 \pm 0,62$ mmol/l respectivement). Alors que les taux les plus bas ont été de $2,74 \pm 0,09$ mmol/l et $2,71 \pm 0,21$ mmol/l pour les juments en post-partum et les juments en œstrus respectivement. Le taux de calcium chez les juments infertiles était significativement ($P < 0,05$) plus élevés que chez les autres groupes.

Nos résultats sont différents de ceux de Martin et *al* (1996) qui n'ont pas signalé de différence significative entre des juments avec des âges différents et à des stades de reproduction variés. Cette différence, rencontrée dans notre étude, peut être expliquée par une moindre utilisation corporelle du calcium en absence de gestation ou de production laitière, ce qui justifie le taux le plus bas observé chez les juments en post-partum ($2,74 \pm 0,09$ mmol/l). La plupart des auteurs ne notent pas d'évolution des teneurs en calcium et en phosphore, si l'on excepte les deux jours qui suivent la mise-bas (Stillions et *al*, 1970 ; Barlet et Martin-Rosset, 1977).

Ali et *al* (2004) ont rapporté des valeurs significativement plus élevées chez les juments en chaleurs comparées aux juments gestantes, infertiles ou reproductrices régulières. Lumsden et *al* (1980) ont rapporté des taux plasmatiques de 2,89 et 3,09 mmol/l en calcium chez les juments en reproduction, alors que Frappe (1986) a parlé d'une valeur moyenne de calcium sérique chez les chevaux de 3,2 mmol/l. Cymbaluk et Christison (1989) et Martin et *al* (1996) rapportent des taux allant de 2,75 à 2,77 mmol/l chez des juments vides.

2. Variation du taux sérique en phosphore inorganique :

D'après nos résultats, le taux sérique le plus élevé en phosphore inorganique a été observé chez les pouliches avec $1,32 \pm 0,25$ mmol/l. Alors que les taux les plus bas ont été observés chez les juments en post-partum avec $0,81 \pm 0,08$ mmol/l et celles en fin de gestation avec $0,91 \pm 0,11$ mmol/l.

Nos résultats sont dans les limites des valeurs rapportées par Frappe (1986), entre 0,5 et 1,6 mmol/l. Lumsden et al (1980) ont rapporté des taux sériques de phosphore inorganique chez les juments en reproduction entre 0,36 et 1,42 mmol/l. Cymbaluk et Christison (1989) ont rapporté des valeurs de 2,03 mmol/l pour la même période.

Le rapport Calcium/ Phosphore a été significativement ($P<0,05$) inférieur chez les pouliches et les juments infertiles ($2,17\pm0,41$ vs $4,42\pm1,61$) et chez les juments en post-partum ($2,17\pm0,41$ vs $3,42\pm0,30$). Cependant, à l'exception des pouliches, toutes les autres valeurs sont en concordance avec celles rapportées par Lumsden et al (1980).

3. Variation du taux sérique en magnésium :

Dans notre étude, les taux sériques en magnésium les plus bas ont été enregistrés chez les pouliches et les juments en post-partum à savoir $0,57\pm0,07$ mmol/l et $0,59\pm0,04$ mmol/l respectivement. Alors que les taux les plus élevés ont été de $0,67\pm0,09$ mmol/l et $0,67\pm0,05$ mmol/l chez les juments en œstrus et celles en fin de gestation respectivement. Selon Hurley (1971), un taux sérique bas en magnésium peut causer des stérilités, des malformations fœtales considérables avec résorption embryonnaire ou avortement.

4. Variation du taux sérique en sodium :

Dans notre étude, les taux sériques en sodium les plus élevés ont été enregistrés chez les juments en début de gestation avec $137,21\pm1,16$ mmol/l et celles en œstrus avec $136,46\pm2,60$ mmol/l, cependant, le taux le plus bas a été enregistré chez les juments en fin de gestation avec $133,29\pm4,24$ mmol/l. Ce taux a été significativement ($P<0,05$) inférieur chez les juments infertiles que chez les autres groupes, alors que le niveau le plus élevé a été observé chez les juments en début de gestation.

Les taux de sodium sériques dans notre étude correspondent à ceux rapportés par Ali et al (2010) et se rapprochent de ceux rapportés par Lumsden et al (1980) pour les juments vides, en début et en fin de gestation. Snow et al (1982) rapportent une moyenne du taux sérique en sodium de 132,76 mmol/l, toutes les valeurs enregistrées dans notre étude se trouvent dans l'intervalle des valeurs citées ci-dessus. Le sodium est l'un des constituants de base du plasma avec des fonctions physicochimiques dans la nature, où il est responsable de maintenir la pression osmotique et

l'équilibre acido-basique. L'augmentation du taux circulant en sodium, dans les conditions physiologiques comme la gestation ou les conditions pathologiques comme les pneumonies, ont été déjà observées (Cornelius et Kaneko, 1963).

5. Variation du taux sérique en potassium :

D'après nos résultats, les taux sériques les plus élevés ont été enregistrés chez les pouliches et les juments en fin de gestation à savoir $4,39 \pm 0,64$ mmol/l et $4,03 \pm 0,29$ mmol/l respectivement. Cependant, les taux les plus bas ont été de $3,16 \pm 0,24$ mmol/l, $3,56 \pm 0,54$ mmol/l et $3,63 \pm 0,85$ mmol/l pour les juments en post-partum, en début de gestation et celles en œstrus. Les taux moyens en potassium ont été significativement plus élevés chez les pouliches ($P < 0,05$), Cependant, le taux le plus bas a été enregistré chez les juments en post-partum. Lumsden et al (1980) ont rapporté des valeurs, pour les juments reproductrices de $3,5 \pm 0,5$ mmol/l, de même, Naheed (2004) a rapporté, pour les juments gestantes, fertiles et infertiles des taux de potassium de 5,19, 2,99 et 4,31 mmol/l respectivement, ce qui concorde avec nos résultats.

Dans notre étude, les juments en post-partum avaient un rapport sodium/potassium de $43,15 \pm 3,60$. Ce rapport a été significativement différent ($P < 0,05$) de ceux des juments en fin de gestation ou infertiles. Lumsden et al (1980) a rapporté un rapport sodium/potassium de $40,4 \pm 7,3$ chez les juments reproductrices.

6. Variation du taux sérique en glucose :

D'après nos résultats chez les juments, les valeurs de la glycémie en début de gestation ont été plus bas par rapport aux autres groupes ($6,55 \pm 0,50$ mmol/l), nous avons enregistré une différence significative ($P < 0,05$) du taux de glycémie entre les juments en début de gestation, celles en œstrus ($7,25 \pm 0,59$ mmol/l) et les pouliches ($7,36 \pm 0,56$ mmol/l). Lumsden et al (1980) ont observé l'influence de l'âge et de la gestation sur plusieurs paramètres sanguins, ils ont trouvé en outre que la glycémie était significativement plus élevée ($P < 0,05$) chez les juments en fin de gestation alors que pour les juments vides, en début de gestation et en fin de gestation, les valeurs ont été de 5,44 ; 5,33 et 6,60 mmol/l, respectivement, ce qui est en accord avec nos résultats.

Le début de gestation chez la jument coïncide presque toujours avec le début de la lactation, ce qui explique le niveau bas de la glycémie dans cette phase. Plus encore, Fowden et *al* (2002) ont rapporté qu'il y avait une augmentation significative de l'absorption du glucose par l'utérus gravide, le fœtus et le placenta, à la fois, vers la moitié et en fin de gestation. L'alimentation semble être en cause dans la diminution de la mobilisation du glucose sanguin en fin de lactation, surtout lorsque le taux de mobilisation sanguine du glucose, spécialement pour la synthèse du lactose du lait, est en baisse (Evans, 1971).

7. Variation du taux sérique en triglycérides :

D'après nos résultats, les niveaux sanguins les plus élevés en triglycérides ont été observés chez les juments en fin de gestation et les juments infertiles avec $0,29 \pm 0,07$ g/l et $0,24 \pm 0,13$ g/l respectivement. Alors que les taux les plus bas ont été enregistrés chez les juments en post-partum et en début de gestation avec $0,13 \pm 0,02$ g/l et $0,12 \pm 0,03$ g/l. Le taux sérique en triglycérides a été significativement plus élevé chez les juments infertiles et les juments en fin de gestation ($P < 0,05$) en comparaison avec ceux des pouliches, des juments en début de gestation et celles en œstrus ou en post-partum.

Mochol et *al* (2009) ont rapporté des taux sériques moyens des triglycérides de $0,86 \pm 0,40$ mmol/l chez les juments en période prénatale, et de $0,35 \pm 0,13$ mmol/l chez les juments en fin de gestation. Ces valeurs concordent avec ceux enregistrés dans notre étude.

Selon Mochol et *al* (2009), le métabolisme des acides gras et leurs actions sur la balance énergétique chez les chevaux, spécialement vers le dernier trimestre de gestation et au-delà de la 8^e et la 10^e semaine de lactation, n'est pas bien connu. Cette période qui se caractérise par la croissance du fœtus, la préparation à une nouvelle naissance, le début de lactation et la prise en charge du nouveau-né. Pendant ce temps, mis à part des besoins propres de la jument, il y a une augmentation des besoins de l'organisme en énergie, en protéines et en minéraux, conditionnée par la croissance rapide du fœtus.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

La gestion de la reproduction chez la jument a une importance capitale dans le monde de l'élevage équin, du moment que le cheval a préservé durant des siècles sa place dans le monde du sport et des loisirs.

Dans le premier volet de notre étude nous avons enregistré une durée moyenne de gestation chez nos juments de $332,95 \pm 8,57$ jours. Cette durée a été notamment influencée par l'âge de la mère, le mois de naissance, le sexe du poulain et l'année de reproduction.

La durée de la gestation est très importante comme variable physiologique, pour la gestion économique d'un élevage équin. Nos résultats mettent le point sur l'influence significative, des différents facteurs environnementaux, comme l'année, le mois de reproduction, l'âge de la mère et le sexe du poulain sur la durée de gestation chez la jument pur sang Arabe.

Tous ces facteurs, en plus de la saison de reproduction administrative, imposée par la loi, donnent au gestionnaire de l'élevage de chevaux, un temps limité pour avoir les meilleurs résultats en reproduction, et obtenir le meilleur rendement. Malgré toutes ces contraintes, il est bien clair, d'après nos résultats, que le mode de gestion de la reproduction des chevaux, au niveau du centre de Chaouchaoua est dans les normes internationales exigées.

Cependant, l'objectif de tout élevage équin est d'avoir un poulain par jument et par an. Pour compenser les pertes durant les années, les juments doivent être mises à la reproduction le plus tôt dans la saison. De plus l'utilisation de l'échographie comme moyen de diagnostic dans la reproduction permet de rattraper le retard, de détecter les ovulations et faire le suivi de la reproduction pour aboutir à une meilleure fertilité et des taux de naissances plus élevés. Le calcul et la mise en place d'un calendrier des poulinages, permet une meilleure gestion de la gestation et du poulinage. Par ailleurs, la programmation des saillies des juments, pouvant avoir des gestations plus longues, le plus tôt dans la saison, permet de minimiser les pertes en matière de production.

Dans le deuxième volet, et concernant les paramètres de reproduction, sur un total de 2155 juments présentées à la reproduction, 59,77% (1288/2155) ont donné des produits viables. Alors que 82,51% (1778/2155) étaient observées en chaleurs. Cependant 37,68% (812/2155) des juments ont été répertoriées infertiles.

Les meilleurs taux de poulinages ont été observés durant les années 2003, 2005 et 2006 avec 80,82%, 79,17% et 79,69% respectivement. Alors que le taux le plus bas a été observé durant

l'année 2001 avec 29,17% de poulinages et 66,67% d'infertilités, ce qui implique clairement l'impacte de la gestion sur le rendement de la reproduction dans cette espèce.

Pour l'évolution du diamètre folliculaire, à un jour d'ovulation, la moyenne des diamètres folliculaires a été de $43,16 \pm 4,91$ mm, ainsi, d'après ces résultats, les saillies peuvent être programmées dès que un follicule dépasse 40 mm de diamètre et présente un ralentissement dans sa croissance et même un éventuel ramollissement.

Concernant l'heure du poulinage, les taux les plus élevés de poulinage ont été enregistré entre 19h et 6h du matin, avec des taux maximums à 23h et à 4h. Alors que les taux les plus bas ont été enregistrés pendant la journée entre 9h et 17h. Par conséquent, les juments en fin de gestation doivent être mises sous surveillance avec des rondes la nuit pour palier tout problème éventuel de poulinage.

Dans le troisième volet de ce travail, Les différences de concentration sériques enregistrées en minéraux, glucose et triglycérides entre les différentes phases du cycle de la reproduction peuvent être expliquées par les besoins spécifiques de chaque de chaque état. L'étude expérimentale de l'influence de tous les paramètres sanguins et hématologique sur le métabolisme et leur impacte sur les performances de reproduction chez les juments pur sang Arabe est nécessaire pour une meilleure compréhension de ces mécanismes.

Enfin, Notre étude a été menée, pour approfondir nos connaissances sur la reproduction du cheval Arabe élevé en Algérie, et plus précisément au niveau du Haras national de Tiaret, et pour mettre en évidence les différents facteurs liés au peripartum et leur impact sur la reproduction de la jument.

La recherche scientifique, dans le domaine de la reproduction équine est très évolutive dans le monde, alors qu'elle fait ses premiers pas dans notre pays, avec la réalisation de ce travail, nous espérons avoir apporté une contribution à la connaissance de la physiologie de la gestation chez la jument arabe et les différents facteurs qui peuvent l'influencés dans notre environnement.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES

1. **AKKAYAN, C.** Et **DEMIRTEL, E.**, 1974. Factors affecting the duration of pregnancy in mares at the Karacabey stud farm. *Ankara Universitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 20: 575–585.
2. **ALEXANDER, S.L.** Et **IRVINE, C.H.G.**, 1982. Radioimmunoassay and in-vitro bioassay of serum LH throughout the equine oestrous cycle. *J. Reprod. Fert.*, Suppl. 32, 253-260.
3. **ALEXANDER, S.L.**, Et **IRVINE, C.H.G.**, 1993. FSH an LH. in: McKinnon, A.O. and Voss, J.L. Ed., *Equine reproduction*, Lea and Febiger, Philadelphia, pp 45-56.
4. **ALI, F., L.A. LODHI, Z.I. QURESHI,** Et **M. YOUNIS**, 2010. Serum macromineral levels in estrual, fertile, subfertile and pregnant mares kept under two different managerial conditions. *Pak. Vet. J.*, 30: 87-90.
5. **ALI, F., L.A. LODHI, Z.I. QURESHI, H.A. SAMAD,** Et **R.U. SHAHID**, 2004. Some serum biochemical constituents of mares during different phases of reproductive cycle. *Pak. Vet. J.*, 24: 147–152.
6. **ALLEN, W.R.**, 1978. Control of ovulation and estrus in the mare, in: Crichton, D.P Haynes, H.B, Foxcroft, G.R. and lamming G.E. Ed., *Control of Ovulation*, Butterworth, London, pp 453-470.
7. **ALLEN, W.R., S. WILSHER, C. TURNBULL, F. STEWART, J. OUSEY, P.D. ROSSDALE, A.L. FOWDEN**, 2002. Influence of maternal size on placental, fetal and postnatal growth in the horse. I. Development in utero. *Reproduction*, 123: 445–453.
8. **ANDERSON, M. G.**, 1975. The effect of exercise on blood metabolite levels in the horse. *Equine vet. J.*, 7: 27-33.
9. **ANWER, M. S., GRONWALL R., CHAPMAN J. E., KLENTZ R. D.**, 1975. Glucose utilization and contribution to milk components in lactating ponies. *J. anim. Sci.*, 41: 568-571.
10. **ARGENZIO R. A., HINTZ H. F.**, 1971. Volatile fatty acid tolerance and effect of glucose and VFA on plasma insulin levels in ponies. *J. Nutr.*, 101: 723-730.
11. **ARGENZIO R. A., HINTZ H. F.**, 1972. Effect of diet on glucose entry and oxidation rates in ponies. *J. Nutr.*, 102: 879-892.
12. **ARGENZIO R. A., LOWE J. E., PICKARD D. W., STEVENS C. E.**, 1974. Digesta passage and water exchange in the equine large intestine. *Am. J. Physiol.*, 226: 1035-1042.
13. **ARORA, R., PURBEY, L., LUKTUKU, S.**, 1983. Gestation period in equines. *Indian Vet. J.*, 60: 824–830.
14. **ASTUDILLO, C.R., HAJEK, G.E. DIAZ, O.H.**, 1960. Influence of climatological factors on the duration of the mare's gestation thin blood career: preliminary study. *Zoolatria*, 2: 37–38.
15. **ATTWOOD, P.E.**, 2000. Condition Scoring and Weight Estimation of Horses, <http://www.dpi.vic.gov.au/agriculture/animals-and-livestock/horses/management/condition-scoring-weight-estimation-horses> .
16. **AURICH C., SCHLOTE S., HOPPEN H.O., KLUG E., HOPPE H. and AURICH J.E.**, 1994. Effects of the opioid antagonist naloxone on release of luteinizing hormone in mares during the anovulatory season. *Journal of Endocrinology*, 142: 139–144.
17. **BARLET, J.P., and MARTIN-ROSSET W.**, 1977. Régulation du métabolisme phosphocalcique chez la jument en fin de gestation et chez le poulain nouveau-né. C. R. 3e Journée d'étude, Centre d'étude et de Recherche sur l'économie et l'organisation des productions animales, Paris, 60-70.
18. **BARLET, J.P., DAVICCO, M.J., COXAM, V.**, 1995. Physiology of intestinal absorption of phosphorus in animals. *Reprod. Nutr. Dev.* 35(5) : 475-489.

19. **BAUDOIN, N. et ARNAUD, G. 1999.** L'état corporel des chevaux. Les Haras Nationaux, Fiches Techniques, Alimentation.
20. **BAUDOIN, N. et ARNAUD, G. 2003.** Notation de l'état corporel des chevaux de selle et de sport, *Guide pratique. Ed. Institut de l'élevage*, 40p.
21. **BENOIT, P. 2004.** Alimentation du cheval athlète – Actualités et perspectives. Cours de 3^{ème} cycle professionnel “Sciences cliniques des équidés” *Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort*.
22. **BERGFELDT D.R., GASTAL E.L., GINTHER O.J. 2001.** Systemic estradiol and inhibin concentrations in response to experimentally reduced LH concentrations during follicle deviation in mares. *Biol. Reprod.*; 65:426–432.
23. **BERGFELDT D.R., GINTHER O.J. 1992.** Relationships between circulating concentrations of FSH and follicular waves during early pregnancy in mares. *Equine vet sci*; 12:274–279.
24. **BERGFELDT, D.R., Et GINTHER, O.J. 1993.** Relationship between FSH surges and follicular waves during the estrus cycle in mares. *Theriogenology* 39: 781-796.
25. **BLESA, F., VALERA, M., VINUESA, M., MOLINA, A.1999.** The length of gestation in the Andalusian Horse and Arabian Horse. In: *Proceeding E.A.A.P. 50th Meeting, Zurich, Switzerland*.
26. **BOS, H., ET VAN DER MEY, G.J.W., 1980.** Length of gestation periods of horses and ponies belonging to different breeds. *livest. prod. sci.* 7: 181–187.
27. **BOST, J., FONTAINE, M., JEAN-BLAIN, C., LAPRAS, M., MAGAT, A. 1970.** Evaluation de certains constituants du sang chez les chevaux cliniquement normaux. *Ann. Rech. véter.*, 1: 63-91.
28. **BOUJNANE, I., ITOUATI, M. MACHMOUM. 2008.** Mensurations corporelles des chevaux Arabe-Barbes au Maroc. *revue Med. Vet.*, 159 (3): 144-149.
29. **BOWDEN, D. M., 1971.** Non-esterified fatty acids and ketone bodies in blood as indicators of nutritional status in ruminants : a review. *Can. J. anim. Sci.*, 51: 1-13.
30. **BRAUN, J.P., & LEFEBVRE, H.P. 2008.** Kidney Function and Damage. In : Kaneko, Harvey, Bruss, editors. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 6th ed. San Diego, Academic Press*, 485-528.
31. **BRAUNTON, H.P. 1990.** Long gestation. *vet. rec.* 127: 603.
32. **BREIDENBACH, A., C., SCHLUBBOHM, J HARMEYER, 1998.** Peculiarities of vitamin D and of the calcium and phosphate homeostatic system in horses. *Vet Res*, 29: 173-186.
33. **BRIDGET, D., BARBER, W.P., WILLIAMS, D.G. 1975.** The effect of excess dietary iodine on pregnant mares and foals. *Vet. Rec.*, 97: 93-95.
34. **BROCHART, M. 1972.** Oligo-éléments et fertilité. *Ann. Nutr. Aliment.*, 26(3) : suppl.B 493- 520.
35. **BRUNEAU, G., VAISSE, C., CARATY, A., MONGET, P. 1999.** La leptine : une clé pour la reproduction. *Med. Sc.*, 15 : 191-196.
36. **BRUYAS, J.F., BATTUT, I., FIENI, F., TAINTURIER, D. 1997.** Gestation gémellaire chez la jument : une cause majeure d'avortement. *Le Point Vétérinaire*, 28 (183) : 1261-1271.
37. **BURKHARDT, J. 1947.** Transition from anœstrus in the mare and the effect of artificial lighting. *Agrie. Sci., Camb.* 37: 64-68.
38. **CARE, A.D. 1994.** The absorption of phosphate from the digestive tract of ruminants animals. *Br. Vet. J.* 150: 197-205.
39. **CARLSON, G.P., & 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.

40. **CHEW D.J., MEUTEN D.J. 1982.** Disorders of calcium and phosphorus metabolism. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* 12(3): 411-438.
41. **CHODKOWSKI G.A.T. 1985** Alimentation et troubles de la fécondité de la jument. *Thèse Méd. Vét., Toulouse, n°125*, 124 p.
42. **CILEK, S., 2008.** Environmental factors affecting fertility traits of thoroughbred and half-bred horses reared in Turkey. *Indian. J. Anim. Sci.*, 78: 12-2.
43. **CILEK, S., 2009.** The survey of reproductive success in Arabian horse breeding from 1976-2007 at Andalu state farm in Turkey. *J. Anim. Vet. Advance.*, 8: 389-396.
44. **COFFMAN, J.R. 1981.** Equine clinical chemistry and pathophysiology, *Bonner Spring*.275p.
45. **CORNELIUS, C.E. AND KANEKO, J.J., 1963.** *Clinical Biochemistry of Domestic Animals. Academic Press, New York, USA.*
46. **CUNNINGHAM, E., 1991.** Genetics of thoroughbred horse. *Research and science* .178: 60–67.
47. **CYMBALUK, N.F. AND CHRISTISON, G.I. 1989.** Effects of dietary energy and phosphorus continents on blood chemistry and development of growing horses. *J Anim Sci*, 67: 951-958.
48. **DAELS, P. F., AND J. P. HUGHES. 1992.** The normal estrus cycle. Page 121 in *Equine Reproduction. A. McKinnon et J. Voss, ed. Williams & Wilkins, Media, PA.*
49. **DAVIDSON, K.E., POTTER, G.D., GREENE L.W., EVANS J.W., McMULLAN W.C. 1991.** Lactation and reproductive performance of mares fed added dietary fat during late gestation and early lactation, *J. Eq. Vet. Sci.*, 11 (2): 111-115.
50. **DAVIES MOREL, M.C.G. 2008.** *Equine reproductive physiology breeding and stud management editions CABI.*
51. **DAVIES-MOREL, M.C.G, NEWCOMBE, J.R., HOLLAND, S.J., 2002.** Factors affecting gestation length in the thoroughbred mare. *Anim. reprod. Sci.* 74: 175–185.
52. **DAVIS, S.D. & SHARP, D.C. 1991.** Intra-follicular and peripheral steroid characteristics during vernal transition in the pony mare. *Journal of Reproduction and Fertility Suppl.* 44:333–340.
53. **DECAEN, C., JOURNET, M., 1967.** Evolution au début de la lactation de la sécrétion des principaux acides gras du lait et de la concentration en acides gras libres du sang chez la vache. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.* 7 : 131-143.
54. **DEMIRCI, E., 1988.** Length of gestation period in purebred Arab mares and correlation between age and gestation length. *J. Fac. Vet. Med., University of Ankara*, 35: 69-79.
55. **DERAR, R. I. AND HUSSEIN H. A. (2011).** Ovarian follicular dynamics during the estrous cycle in jennies in upper Egypt. *SAGE-Hindawi Access to Research ,Veterinary Medicine International, Academic Press*, 413-457.
56. **DIETZ, O., WIESNER, E. 1984.** Haematology and biochemistry of normal horse and the significance of pathologic variation. In: Diseases of the horse. Part1. *S. Karger, Basel*, 28-31.
57. **DONADEU, F.X., GINTHER, O.J. 2001.** Effect of number and diameter of follicles on secretion of inhibin and suppression of follicle-stimulating hormone in mares. *Biol Reprod*; 121:897–903.
58. **DONADEU, F.X., GINTHER, O.J. 2002.** Changes in concentrations of follicular-fluid factors during follicle selection in mares. *Biol Reprod*; 66:1111– 1118.
59. **DOREAU M., MARTIN-ROSSET W., BOULOT S. 1988b.** Energy requirements and the feeding of mares during lactation: a review, *Liv. Prod. Sci.*, 20: 53-68.
60. **DOREAU, M., (1978).** Comportement alimentaire du cheval à l'écurie. *Ann. Zootech.*, 27:291-302.

61. **DOREAU, M., BOULOT S. 1989** Recent knowledge on mare milk production: a review. *Livest. Prod. Sci.*, 22: 213-235.
62. **DOREAU, M., BRUHAT J.P., MARTIN-ROSSET W. 1988a.** Effets du niveau des apports azotes chez la jument en début de lactation. *Ann. Zootech.* 37 (1): 21-30.
63. **DRING, L.A., HINTZ, H.F., VAN VLECK, L.D., 1981.** Coat color and gestation length in Thoroughbred mares. *j. hered.* 72: 65–66.
64. **DRUET, V. 2005.** Influence des facteurs environnementaux sur la reproduction de la jument. *Eds Alfort.*
65. **ENGLAND, G. C. W. 1996.** Allen's fertility and obstetrics in the horse. 2nd Edition, Cambridge: Blackwell Science Ltd, pp 49-53.
66. **EVANS J. W., 1971.** Effect of fasting, gestation, lactation and exercise on glucose turnover in horses. *J. anim. Sci.*, 33, 1001-1004.
67. **EVANS J. W., THOMPSON P. G., WINGET C. M., 1974.** Glucose and insulin biorhythms in the horse. *J. S. Afr. Vet. Assoc.*, 45: 317-329.
68. **EVANS, M.J. and IRVINE, C.H.G. 1979.** Induction of follicular development and ovulation in seasonally acyclic mares using gonadotrophin-releasing hormones and progesterone. *J. Reprod. Fert., Suppl.* 27: 113-121.
69. **EVANS, W.J., TORBECK, R.L., 1998.** Breeding Management and Foal Development. *Equine Research Incorporated, Texas*, pp. 700 (cited in: Morel et al., 2002).
70. **FAVUS, M.J. 1992.** Intestinal absorption of calcium, magnesium and phosphorus. In : Coe, Favus, editors. *Disorders of Bone and Mineral Metabolism.* New York, Raven Press, 57-81.
71. **FAY, J.E., and DOUGLASS, R.H. 1987** changes in thecal and granulosa cell LH and FSH receptor content associated with follicular fluid and peripheral plasma gonadotrophin and steroid hormone concentrations in preovulatory follicles of mares. *Journal of reproduction and fertility, suppliment* 37: 169-181.
72. **FITZGERALD, B.P., and SCHMIDT, M.J. 1995.** Absence of an association between melatonin and reproductive activity in mares during the nonbreeding season. *Biology of Reproduction Monogram* 1: 425–434.
73. **FLATMAN, P.W. 1991.** Mechanisms of magnesium transport. *Annu. Rev. Physiol.* 53 : 259-271.
74. **FOWDEN, A.L, A.J. FORHEAD, K.L. WHITE AND P.M. TAYLOR, 2002.** Equine uteroplacental metabolism at mid and late gestation. *Exp. Physiol.* 85: 539-545.
75. **FOWDEN, A.L., COMLINE, R.S., SILVER, M., 1984.** Insulin secretion and carbohydrate metabolism during pregnancy in the mare. *Equine vet. j.* 16: 239–246.
76. **FRAPE, D., 1986.** *Equine Nutrition and feeding, Longman Group, UK*, pp: 134-155.
77. **GABILLOT, F. 1993.** Alimentation et pathologie chez la poulinière et le foal. *Thèse Méd. Vét., Lyon, n°15*, 91 p.
78. **GARCIA, M.C., REEDMAN, L.H. AND GINTHER, O.J. 1979.** Interaction of seasonal and ovarian factors in the regulation of LH and FSH secretion in the mare. *Journal of Reproduction and Fertility, Supplement* 27: 103-111.
79. **GASTAL, E.L., GASTAL, M.O., BERGFELDT, D.R., GINTHER, O.J. 1997.** Role of diameter differences among follicles in selection of a future dominant follicle in mares. *Biol Reprod*; 57:1320–1327.
80. **GASTAL, E.L., GASTAL, M.O., GINTHER, O.J. 1999.** Experimental assumption of dominance by a smaller follicle and associated hormonal changes in mares. *Biol Reprod*; 61:724–730.
81. **GENTRY, L.R., THOMPSON, Jr D.L., GENTRY Jr G.T., DAVIS K.A., GODKE R.A., CARTMILL J.A. 2002.** The relationship between body condition, leptin, and reproductive and hormonal characteristics of mares during the seasonal anovulatory period. *J. Anim. Sci.*, 80: 2695- 2703.

82. **GILBERT, B. 2005.** *Reproduction des mammifères d'élevages. éditions EDUCAGRI.*
83. **GILL, J., SKWARLO K., FLISINSKA-BOJANOWSKA A., 1974.** Diurnal and seasonal changes in carbohydrate metabolism in the blood of thoroughbred horses. *J. interdiscipl. Cycle Res.*, 5: 355-361.
84. **GINTHER OJ. 1992.** Reproductive biology of the mare: basic and applied aspects. *2nd ed. Cross Plains, WI: Equiservices Publishing.* pp.224-226.
85. **GINTHER OJ. 1978.** In: Reproductive Biology of the Mare. Ann Arbor, MI: McNaughton and Gun.
86. **GINTHER, O.J. & FIRST, N.L. 1971.** Maintenance of the corpus luteum in hysterectomized mares. *Am. J. vet. Res.* 32: 1687-1691.
87. **GINTHER, O.J. 1974.** Occurrence of anestrus, estrus, diestrus, and ovulation over a twelvemonth period in mares. *American Journal of Veterinary Research* 35:1173–1179.
88. **GINTHER, O.J. 1979.** Reproductive biology of the mare. *Basic and applied aspects. Equiservices, cross plains, Wisconsin, USA.* 1-11 and 133-154 pp.
89. **GINTHER, O.J. 1983.** Sexual behaviour following introduction of stallion into a group of mares. *Theriogenol.* 19: 877-886.
90. **GINTHER, O.J. 1990.** Folliculogenesis during the transitional period and early ovulatory season in mares. *J Reprod Fertil* .90(1):311–320.
91. **GINTHER, O.J. 1993.** Major and minor follicular waves during the equine estrous cycle. *j equine vet sci* 13:18–25.
92. **GINTHER, O.J. 2000.** Selection of the dominant follicle in cattle and horses. *Anim Reprod Sci.* 60-61: 61-79.
93. **GINTHER, O.J., BEG, M.A., BERGFELDT, D.R., DONADEU F.X., KOT, K. 2001** Follicle selection in monovular species. *Biol Reprod*; 65:638–647.
94. **GINTHER, O.J., BEG, M.A., DONADEU, F.X., BERGFELDT, D.R. 2003.** Mechanism of follicle deviation in monovular farm species. *Anim Reprod Sci*; 78:239–257.
95. **GINTHER, O.J., BERGFELDT, D.R. BEG, M.A. MEIRA C. AND KOT, K. 2004.** In vivo effects of an intrafollicular injection of insulin-like growth factor 1 on the mechanism of follicle deviation in heifers and mares. *Biology of Reproduction.*, 70: 99–105.
96. **GINTHER, O.J., Et BERGFELDT, D.R. 1993.** Growth of small follicles and concentrations of FSH during the equine estrous cycle. *Journal Of Reproduction and Fertility* 99: 105-111.
97. **GLUCKMAN, P.D. & HANSON, M.A. 2004.** Maternal constraint of fetal growth and its consequences. *Semin. Fetal Neonatal Med.*, 9: 419–425.
98. **GORDON, I. 1997.** Introduction to controlled reproduction in Horses. Dans : Gordon, I. (Ed) Controlled reproduction in Horses Deers and Camelids. *Controlled reproduction in farm animals series Vol. 4, 1st edn. CABI, Wallingford. UK,* pp 1-35.
99. **GUILLAUME D., 1996.** Action de la photopériode sur la reproduction des équidés. *INRA Prod. Anim.*, 9 (1) : 61-69.
100. **GUILLAUME D., DUCHAMP G., BRUNEAU B., NAGY P. 2001.** L'alimentation est le facteur Prédominant de l'installation de l'inactivité ovarienne hivernale de la jument. *Les Haras Nationaux, 27ème journée d'étude, 7 Mars, 3-11.*
101. **HAFEZ, E.S.E., 1987.** *Reproduction in farm animals. Lea And Febiger, Philadelphia.*
102. **HANSEN, T.R., AUSTIN, K.J., PERRY, D.J., PRU, J.K., TEIXEIRA, M.G., AND JOHNSON, G.A. 1999.** Mecanism of Action to Interferon-tau in the uterus during early pregnancy. *Journal of reproduction and fertility, Suppl.* 54: 329-339.
103. **HARAS NATIONAL DE CHAOUCHAOUA DE TIARET. 2012.** .haras-Tiaret.com.
104. **HARRISON, G., 1998.** Calcium and the performance horse. *Horse Feed Facts*, 3: 17-18.
105. **HEMBERG, E., N. LUNDEHEIM AND S. EIRNARSSON, 2004.** Reproductive performance of thoroughbred in Sweden. *Reprod. Dom. Anim.*, 39: 81-85.

106. **HENNEKE D.R., KREIDER J.L. 1979.** Effects of restrictive suckling on postpartum reproductive performance in mares. *Am. J. Vet. Res.*, 40 (9): 1281-1284.
107. **HENNEKE D.R., POTTER G.D., KREIDER J.L., YEATES B.F. 1983** Relationship between condition score, physical measurements and body fat percentage in mares. *Equine Vet. J.*, 15 (4): 371-372.
108. **HEVIA, M.L., QUILES, A.J., FUENTES, F., GONZALO, C., 1994.** Reproductive performance of thoroughbred mares in Spain. *J. Equine vet. Sci.* 53 (suppl. 1): 295.
109. **HINTZ, H. F., ARGENZIO, R. A., SCHRYVER, H. F., (1971).** Digestion coefficients, blood glucose levels and molar percentage of volatile acids in intestinal fluid of ponies fed varying forage-grain ratios. *J. Anim. Sci.*, 33: 992-995.
110. **HINTZ, H. F., SCHRYVER, H. F., (1972).** Magnesium metabolism in the horse. *J. anim. Sci.*, 35: 755-759.
111. **HINTZ, H.F., J. WILLIAMS, R. HILLMAN, H. HOUSAY AND FERRER, R. 1992.** Effect of month of breeding on duration of gestation period of Thoroughbred. *Equine Pract.* 14: 16-20.
112. **HINTZ, H.F., HINTZ, R.L. AND VAN VLECK, L.D., 1979a.** Growth rate of thoroughbreds. Effect of age of dam, year and month of birth and sex of foal. *J. Anim. Sci.*, 48: 481-487.
113. **HINTZ, H.F., HINTZ, R.L. LEIN, D.H. AND VAN VLECK, L.D., 1979b.** Length of gestation periods in Thoroughbred mares. *J. Equide Med.*, 3: 289-292.
114. **HODGE, S., KREIDER, J., POTTER G., HARMS P., FLEEGER, J. 1982.** Influence of photoperiod on the pregnant and postpartum mare. *Am. J. Vet. Res.* 43: 1752-1755.
115. **HORNBUCKLE, W.E., SIMPSON, K.W., TENNANT, B.C., 2008.** Gastrointestinal Function. In : Kaneko, Harvey, Bruss, editors. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 6th ed. San Diego, Academic Press*, 413-457.
116. **HUGHES, J. P., STABENFELDT G. H., and EVANS. J. W., 1975.** The estrous cycle of the mare. *J. Reprod. Fertil.* 23(suppl.):161.
117. **HURLEY, L., 1971.** Magnesium deficiency in pregnancy and its effects on the offspring. In: *1st International Symposium on Magnesium Defect in Human Pathology*, 481- 492.
118. **IMMEGART, H.M., 1997.** Abnormalities of pregnancy. in: yougquist, r.s. (ed.), *current therapy in large animal Theriogenology. 1st ed., W.B. Saunders Company, Philadelphia*, p. 113-129.
119. **IRVINE, C.H.G., AND ALEXANDER, S.L. 1993.** Secretory patterns and rates of GnRH, FSH and LH revealed by intensive sampling of pituitary venous blood in the luteal phase mare. *Endocrinology* 132: 212-218.
120. **IRVINE, C.H.G., AND ALEXANDER, S.L. 1994.** The dynamics of gonadotrophin releasing Hormone, LH and FSH secretion during spontaneous ovulatory surge of the mare as revealed by intensive sampling of pituitary venous blood. *Journal of Endocrinology* 140: 283-295.
121. **JAINUDEEN, M.R. AND E.S.E. HAFEZ, 1993.** Gestation, Prenatal Physiology and Parturition. In: Hafez, E.S.E. and B. Hafez (Eds.). *Reproduction in Farm Animals. Lippincott, Williams and Wilkins, Boston*, pp: 140-155.
122. **JAINUDEEN, M.R., HAFEZ, E.S.E., 2000.** Gestation, prenatal physiology and parturition. in: hafez, e.s.e., hafez, b. (eds.), *Reproduction in farm animals. lippincott, williams and wilkins, boston*, pp. 140-155.
123. **JARRIGE R., MARTIN-ROSSET W. 1984.** Le cheval : *reproduction, alimentation, sélection, exploitation., ed. INRA*, 689p.
124. **JEAN-BLAIN C., 1973.** Variations de la teneur en acides gras volatils (AGV) du sang périphérique, chez le cheval, en fonction du régime alimentaire et de l'activité musculaire. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 13: 763-765.

125. **JENKIN, G., YOUNG, I.R. 2004.** Mechanisms responsible for parturition; the use of experimental models. *Anim. Reprod.Sci.* 82: 567–581.
126. **JOHNSON, R. J., & HART J. W. 1974.** Influence of feeding and fasting on plasma free amino-acids in the equine. *J. Anim. Sci.*, 38: 790-794.
127. **KAISER, I. H. & HALBERG, F. 1962.** Circadian periodic aspects of birth. *Ann. N.T. Acad. Sci.*, 98: 1056.
128. **KARBACH, U., FELDMER, H. 1993.** The cecum is the site with the highest calcium absorption in rat intestine. *Digest. Dis. Sci.* 38: 1815-1824.
129. **KATILA, T., (2003).** Effect of hormone treatments, season, age and type of mares on ovulation, twinning and pregnancy rates of mares inseminated with fresh and frozen semen. *Pferdeheilkunde*, 19: 619-624.
130. **KLEMETSDAL, G., JOHNSON, M., 1989.** Effects of inbreeding on fertility in norwegian trotter. *Livest. Prod. Sci.* 21 (3): 263–272.
131. **KNOCHEL, J.P., & JACOBSON, H.R. 1986** In: *Brenner, Rector, editors. The kidney. Philadelphia, Saunders*, 619-662.
132. **KNUDSEN, O. AND VELL, W. 1961.** Ovarian oestrogens levels in the non-pregnant mare. Relationship to histological appearance of the uterus and its clinical status. *Journal of reproduction and fertility* 2: 130-137.
133. **KODAGALI, S.B., 1973.** *Reproduction in kathi horses, vol. 6. Gujarat college of veterinary science and animal husbandry magazine*, pp. 81–82.
134. **KOSKINEN, E., LINDERBERG, H., KUNTSI, H., RUOTSALAINEN, L., KATILA, T. 1990.** Fertility of mares after postovulatory insemination. *J. Vet. Med. A.*, 37: 77-80.
135. **KRAMER, J.W. 2000.** Normal hematology of the horse. in: *feldman, b.f. et al. schalm's veterinary hematology. Philadelphia: Williams & Wilkins, CAP.165*, p.1069-1074.
136. **KUBIAK J.R., CRAWFORD B.H., SQUIRES E.L., WRIGLEY R.H., WARD G.M. 1986.** The influence of energy intake and percentage of body fat on the reproductive performance of nonpregnant mares. *Theriogenology*, 27 : 587-598.
137. **KUBIAK J.R., EVANS J.W., POTTER G.D., HARMS P.G., JENKINS W.L. 1991.** Milk yield and composition in the multiparous mare fed to obesity. *Eq. Vet. Sci.*, 11 (3): 158-162.
138. **KURTZ FILHO , M.K., DEPRA, N.M., ALDA, J.L., CASTRO, I.N., DE-LA-CORTE, F.D., SILVA, J.H.S. & SILVA, C.A.M. 1997.** Duration of gestacao in bond into the age of pure blood racing mares, the weights of the foal, placenta and the time of foalbirth. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, 34: 37–40.
139. **LAING, J.A. & LEECH, F.B. 1975.** The frequency of infertility in thoroughbred mares. *J. Reprod. Fertil. Suppl.*, 23: 307–310.
140. **LAMMING, G.E., AND MANN, G.E. 1995.** Control of the endometrial oxytocin receptors and prostaglandin F2 α propto; production in cow by progesterone and estradiol. *Journal of reproduction and fertility*, 103: 69-73.
141. **LANGLOIS, B. & BLOUIN, C. 1997.** Effect of a horse's month of birth on its future sport performance. I Effect on annual phenotypic indices. *Ann. Zootech.* 46:393–398.
142. **LANGLOIS, B. & BLOUIN, C. 1998.** Effect of a horse's month of birth on its future sport performance. II Effect on annual earning and annual earning per start. *Ann Zootech.* 47:67–74.
143. **LANGLOIS, B., 1973.** Caractères quantitatifs chez le cheval: aspects genetiques revue bibliographique. *Bulletin Technique Du Departement De Genetique Animale.* 16: 36–38.
144. **LANGLOIS. B. & BLOUIN. C. 2004.** Statistical analysis of some factors affecting the number of horse birth in France. *Reproduction Nutrition Development.* 44:583–596.
145. **LIGGINS, G.C., & THORBUM, G.D. 1994.** Initiation of parturition. In: *Lamming, G.E. (Ed.), Marshall's Physiology of Reproduction. Pregnancy and Lactation, Part Two, Fetal*

- Physiology, Parturition and Lactation, vol. 3, fourth ed. Chapman and Hall, London, pp. 863–1002.*
146. **LINDAHL, I. L., 1964.** Time of parturition in ewes. *Anim. Behav.*, 12: 231.
 147. **LOFSTEDT, R.M., 1992.** Miscellaneous diseases of pregnancy and parturition. *Equine Reproduction. Ed. McKinnon and Voss. Lea & Febiger, Philadelphia, London, pp. 596–603.*
 148. **LOPEZ, I, ESTEPA, J.C., MENDOZA, F.J., MAYER-VALOR, R., AGUILERA-TEJERO, E. 2006.** Fractionation of calcium and magnesium in equine serum. *Am. J. of Vet. Research.* 67: 463-466.
 149. **LUMSDEN, J.H., R. ROWE AND K. MULLEN, 1980.** Hematology and Biochemistry Reference Values for the Light Horse JH Lumsden, *Can J Comp Med.* 44: 32-42.
 150. **LYE, J.S., 1996.** Initiation of parturition. *Anim. Reprod. Sci.* 42: 495–503.
 151. **MADIGAN, J. E., & EVANS J. W., 1973.** Insulin turnover and irreversible loss rate in horses. *J. Anim. Sci.*, 36 : 730-733.
 152. **MAGISTRINI, M., CHANTELOUBE, P., PALMER, E. 1987.** Effet de la saison et du rythme de récolte sur la congélabilité de la semence d'étalons. *13e journée d'étude CEREOPA, 57-69.* Paris.
 153. **MAHON, G., & CUNNINGHAM, E., 1982.** Inbreeding and the inheritance of fertility in the thoroughbred mare. *Livest. Prod. Sci.* 9 (6): 743–754.
 154. **MALEK, J., GLEICH, J. AND MÁLY, V. 1962.** Characteristics of the daily rhythm of menstruation and labor. *Ann. N.T. Acad. Sci.*, 98: 1042.
 155. **MARSHALL, M., SCHUCKERT, G., SPRANDEL, U., ZÖLLNER N., 1973.** Zirkadiane Schwankungen von Plasmagluucose und Insulin beim jungen Miniaturschwein. *Zbl. Vet. Med. A,* 20: 382-387.
 156. **MARTENIUK, J.V., CARLETON, C.L., LLOYD, J.W., SHEA, M.E., 1998.** Association of sex of fetus, sire, month of conception, or year of foaling with duration of gestation in standardbred mares. *J. Am. Vet. Assoc.* 212 (11): 1743–1745.
 157. **MARTIN, K.L., R.M. HOFFMAN, D.S. KRONFELD, W.B. LEY, AND L.D. WARNICK, 1996.** Calcium decreases and parathyroid hormone increases in serum of periparturient mares. *J Anim Sci,* 74: 834-9.
 158. **MARTIN-ROSSET, W. 1990.** *L'alimentation des chevaux, ed. INRA, 232p.*
 159. **MATHEWS, R.G., ROPHIA R.T., ET BUTTERFIELD. P.M. 1967.** The phenomenon of foal heat in mares. *Australian veterinary journal* 43: 579-587.
 160. **McCUE, P. M. AND FERRIS, R. A. 2011.** Parturition, dystocia and foal survival: A retrospective study of 1047 births. *Equine Veterinary Journal.* 2042-3306.
 161. **MEIJ, B.P., MOL, J.A., 2008.** Adrenocortical function. In: Kaneko, J.J., Harvey, J.W., Bruss, M.L. (Eds.), *Clinical Biochemistry of Domestic Animals. Elsevier, Amsterdam,* pp. 605–622.
 162. **MERKT, H., JUNGnickel, S., KLUG, E. 1982** Reduction of early twin pregnancy to single pregnancy in the mare by dietetic means. *J. Reprod. Fert., Suppl.* 32: 451-452.
 163. **MILHAUD G., PERAULT-STaub A.M., STaub J.B., 1972.** Diurnal variation of plasma calcium and calcitonin function in the rat. *J. Physiol.*, 222: 559-567.
 164. **MOCHOL, J., KRZYSZTOF, L. AND ŁUKASZ, K. 2009.** Influence of mineral and fatty acid diet supplementation on the energy balance in mares in pregnancy an lactation period. *Bull Vet Inst Pulawy,* 53: 53-57.
 165. **MORRIS, D.D. 1998.** Enfermedades del sistema hemolinfático. in: colahan, p.t.; mayhew, i.g. *Medicina y cirugía equina. 4.ed. Buenos aires: inter-médica, v.2, cap.16, p.1619- 1678.*
 166. **MURER, H., LÖTSCHER M., KAISLING, B., LEVI, M., KEMPSON, S.A., BIBER, J. 1996.** Renal brush border membrane Na/Pi-cotransport: molecular aspects in PTH-dependent and dietary regulation. *Kidney Int.* 49(6): 1769-1773.

167. **NAGY, P., HUSZENICZA, G., JUHASZ, J., KULCSAR, M., SOLTI, L., REICZIGEL, J., ABAVARY, K., 1998a.** Factors influencing ovarian activity and sexual behavior of postpartum mares under farm conditions. *Theriogenology* 50:1109–1119.
168. **NAGY, P., HUSZENICZA, G.Y., JUHASZ, J., SOLTI, L., KULCSAR, M. 1998b.** Diagnostic problems associated with ovarian activity in barren and postpartum mares early in the breeding season. *Reproduction in Domestic Animals*. 33:187–192.
169. **NAHEED, S., 2004.** Determination of some serum biochemical constituents of mares during three phases of reproductive cycle. *MSc Thesis, Dept Anim Reprod Univ Agri, Faisalabad, Pakistan.*
170. **NAMBO, Y., KANEKO, H., NAGATA, S., OIKAWA, M., YOSHIHARA, T., NAGAMINE, N., WATANABE, G., TAYA, K. 1998.** Effect of passive immunization against inhibin on fsh secretion, folliculogenesis and ovulation rate during the follicular phase of the estrous cycle in mares. *Theriogenology*; 50:545–557.
171. **NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) 1989.** *Nutrient Requirements of Horses (Fifth revised edition) Ed. Nat. Acad. Press., 112 p.*
172. **NELSON, R.J. & DRAZEN, D.L. 1999.** Melatonin mediates seasonal adjustment in immune function. In Proceedings of the 8th meeting of the European Pineal Society, Tours, 3 au 7 juillet 1999. *Reprod. Nutr. Dev.*, 39: 383–398.
173. **NETT, T.M. 1993a.** Estrogens. In: McKinnon, A.O. and Voss, J.L. (eds) *Equine Reproduction. Lea & Febiger, Philadelphia, London*, pp. 65–68.
174. **NETT, T.M. 1993b .** Reproductive peptide and protein hormones, dans: *McKinnon, A.O. et Voss, J.L. (eds) Equine reproduction. Lea and Febiger, Philadelphia*, pp 109-114.
175. **NORONHA, T.A. et al. 2000.** Influence of age and sex in red blood cell of clinically healthy horses. *Mangalarga breed. Revista Brasileira de medicina veterinária*, v.22, n.2, p.85-88.
176. **OSBORNE M. 2001.** Diagnosis and management of twin pregnancy in the mare. *Irish Vet. J.*, 54 (10): 520-522.
177. **OTT, E.A., & ASQUITH R.L. 1994.** Trace mineral supplementation of broodmares. *J. Eq. Vet.Sci.*, 14 (2): 93-100.
178. **PALMER E., & DRIANCOURT M.A., 1980.** Use of ultrasonic echography in equine gynecology. *Theriogenology*, 13: 203-216.
179. **PANCHAL, M.T., GUJARATI, M.L., KAVANI, F.S., 1995.** Some of the reproductive traits in kathi mares in gujarat state. *Indian J. Anim. Reprod.* 16: 1.
180. **PANTKE, P., HYLAND, J., GALLOWAY, D.B., MACLEAN, A.A. AND HOPPEN, H.O. 1991** Changes in lutenising hormone bioactivity associated with gonadotropines pules in the cycling mare. *Journal of reproduction and Fertility, Supplement* 44: 13-20.
181. **PARKER, W.G. 1971.** Sequential changes of the ovulating follicle in the estrous mare as determined by rectal palpation. *Proc. Ann. Conf. Vet., college vet. Med. And bio-med. Sci., Colorado State University, Fort Collins, USA*: 149 -150 pp.
182. **PASHAN, R.L. & ALLEN, R. 1979.** The role of the fetal gonads and placenta in steroid production, maintenance of pregnancy and parturition. *J. Reprod. Fertil.*, (Suppl. 27, Equine Reproduction II): 499–509.
183. **PATTISON, M.L., CHEN, C.L. AND KING, S.L. 1972.** Determination of LH and estradiol 17b surge with reference of the time of ovulation in the mares. *Biology of Reproduction*.7: 136-140.
184. **PEREZ, C., RODRIGUEZ, I., SANZ, J., ACOSTA, M., MOTA, J., VALERA, M., 1997.** Factors influencing the duration of gestation and placental weight at birth in purebred Spanish (spb), *Estirpe Cartujana. Ara* 3: 78–85.

185. **PEREZ, CC., RODRIGEZ, I. MOTA, J. DORADO, J. HIDALGO, M. FELIPE, M. AND SANZ, J. 2003.** Gestation length in Carthusian Spanishbred mares. *Livest. Prod. Sci.*, 82: 181-187.
186. **PERGAMENT, E., FIDDLER, M. CHO, N. JOHNSON D. AND HOLMGREN, W.J. 1994.** Sexual differentiation and preimplantation cell growth. *Human Reprod.*, 9: 1730–1732.
187. **PIERSON, R.A. 1993.** *Folliculogenesis and ovulation. in: equine reproduction. Angus, o.; Mckinnon, j.; Voss, j.l. (eds). Lea & febiger. Philadelphia/london*, 161-171 pp.
188. **PIERSON, R.A., AND GINTHER, O.J. 1985.** Ultrasonic evaluation of the preovulatory follicle in the mare. *Theriogenology*, 3: 359-368.
189. **PIQUETTE G.N, KENNEY, R.M., SERTICH, P.L., YAMOTO, M. ET HSUEH, A.J.W. 1990** Equine granulosa theca cell tumours, express inhibin α and β A subunit messenger ribonucleic acids and proteines. *Biology of Reproduction*. 43: 1050-1057.
190. **PLATT, H., 1979.** *A Survey of Perinatal Mortality and disorders in the thoroughbred. Newmarket, england: equine research station of the animal health trust.*
191. **PLATT, H., 1984.** Growth of equine foetus. *Equine Vet. J.*, 16: 247–252.
192. **POOL-ANDERSON, K., RAUB, R.H., WARREN, J.A., 1994.** Maternal influences on growth and development of full-sibling foals. *J. Anim. Sci.* 72 (7): 1661–1666.
193. **PYCOCK, J.F. 2000** Breeding management of problem mare. Dans: Samper, J.C. (Ed) *Equine breeding management and artifician insemination. W.B. Saunders, Philadelphia* pp. 195-228.
194. **RALSTON S. L., VAN DEN BROEK G., BAILE C. A., 1979.** Feed intake patterns and associated blood glucose, free fatty acid and insulin changes in ponies. *J. Enim. Sci.*, 49: 838-845.
195. **RAYSSIGUIER Y., & LARVOR P., 1974.** Variations nycthémerales de la magnésémie chez le rat : influence du jeûne et de la réplétion stomacale. *Ann. Biol. anim. Bioch. Giophys.* 14 : 821-827.
196. **RÉRAT, A., VAISSADE, P., VAUGELADE, P., 1979.** Absorption kinetics of amino acids and reducing sugars during digestion of barley or wheat meals in the pig : preliminary data. *Ann. Biol. anim. Bioch. Siophys.*, 19: 739-747.
197. **ROBERTS, S.J. 1986.** *Veterinary Obstetrics and Genital disease. 3rd ed. Woodstock, Vermont, Published by the Author.*
198. **ROSENFELD CS, WAGNER JS, ROBERTS RM, LUBAHN DB. 2001.** Intraovarian actions of oestrogen. *Reproduction*; 122:215–226.
199. **ROSER, J.F., VALCHECK, D.E., LASLEY, B.L., LIU, I.K.M., KOJUSNER, G. TAYA, K. 1997.** Minimizing the incidence of endometritis by predicting the first ovulation of the year. *In Proceedings of International Conference on Equine Endometritis/Endometrosis, German Veterinary Society, Hannover, Leipzig, October 1997. Pferdeheilkunde* 13:539.
200. **ROSOL, T.J., & CAPEN, C.C. 1996.** Pathophysiology of calcium, phosphorus, and magnesium metabolism in animals. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* 26: 1155-1184.
201. **ROSOL, T.J., & CAPEN, C.C. 1997.** Calcium-regulating hormones and diseases of abnormal mineral (calcium, phosphorus, magnesium) metabolism. In: Kaneko, Harvey, Bruss, editors. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals, 5th ed. San Diego, Academic Press*, 619–702.
202. **ROSSDALE, P.D., 1976.** A clinician's view of prematurity and dysmaturity in thoroughbred foals. *Proc. R. Soc. Med.*, 69: 631–632.
203. **ROSSDALE, P.D., 1993.** Clinical view of disturbances in equine foetal maturation. *Equine Vet. J.*, 14: 3–7.

204. **ROSSDALE, P.D., OUSEY, J.C. SILVER M. AND FOWDEN, A.L. 1984.** Studies on equine prematurity guidelines for assessment of foal maturity. *Equine Vet. J.*, 16: 300–302.
205. **ROSSDALE, P.D., SHORT R.V., 1967.** The time of foaling of thoroughbred mares. *J. Reprod. Fert.*, 13: 341-343.
206. **SANCHEZ, A., DIAZ, O., GATICA, R., 1999.** Algunas consideraciones sobre duracion de la gestacion en la yegua. *Arch. Reprod. Anim.* 8 : 18–23.
207. **SCHERMERHORN, E.C., VAN VLECK, L.D., ROUNSAVILLE, T.R., 1980.** Heritabilities of reproductive performance and gestation length in a sample of standardbred. *Department of animal science, Cornell University Ithaca, NY.*
208. **SCHRYVER H. F., CRAIG P. H., HINTZ H. F., HOGUE D. E., LOWE J. E. 1970.** The site of calcium absorption in the horse. *J. Nutr.*, 100: 1127-1132.
209. **SCHRYVER H. F., HINTZ H. F., CRAIG P. H., HOGUE D. E., LOWE J. E., (1972).** Site of phosphorus absorption from the intestine of the horse. *J. Nutr.*, 102: 143-148.
210. **SCHRYVER H.F., OFTEDAL O.T., WILLIAMS J., SODERHOLM L.V., HINTZ H.F. 1986.** Lactation in the horse : the mineral composition of mare milk., *J. Nutr.*, 116 (11): 2142-2147.
211. **SEAMANS, K. & SHARP, D.C. 1982.** Changes in equine follicular aromatase activity during transition from winter anestrus *J Reprod Fert. Suppl.* 32 225–233.
212. **SEVINGA, M., BARKEMA, H.W. STRYHN, H., AND HESSELINK, J.W. 2004.** Retained placenta in Frisian mares: Incidence and potential risk factors with special emphasis on gestation length. *Theriogenology*, 61: 851-859.
213. **SHARP, D.C., 1988.** Transition into the breeding season: clues to the mechanisms of seasonality. *EquineVet. J.* 20: 159–161.
214. **SILVER, M., ET FOWDEN, A.L., 1982.** Uterine prostaglandin f metabolite production in relation to glucose availability in late pregnancy and a possible influence of diet on time of delivery in the mare. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 32: 511–519.
215. **SNOW, D.H., MG KERR, M.A., NIMMO, AND E.M. ABBOTT., 1982.** Alterations in blood, sweat, urine and muscle composition during prolonged exercise in the horse. *Vet Rec*, 110: 377-384.
216. **SQUIRES E.L, GARCIA R.H, GINTHER O.J, VOSS J.L, SEIDEL G.E. 1986.** Comparison of equine pituitary extract and follicle stimulating hormone for superovulating mares. *Theriogenology*; 26: 661–670.
217. **STARBUCK G.R., STOUT T.A.E., LAMMING G.E., ALLEN W.R. AND FLINT A.P.F., 1998.** Endometrial oxytocin receptor and uterine prostaglandin secretion in mares during the oestrous cycle and early regnancy. *J. of Repr. and Fertility* 113: 173–179.
218. **STELL, J.D., WHITLOCK, L.E. 1960.** Observations on the haematology of thoroughbred and standard-bred horses in training and racing. *Australian Veterinary Journal.* 1: 136-142.
219. **STEVENSON, K.R., PARKINSON, T.J., AND WATHES, D.C. 1991.** Measurement of oxytocine concentration in plasma and ovarian extracts during the estrous cycle of mares. *Journal of reproduction and fertility, Supplement* 93:437-441.
220. **STEWART, A.J. 1998.** Magnesium disorders. In : *Reed, Bayly, Sellon, editors. Equine internal medicine. Philadelphia, Saunders*, 1365-1366.
221. **STILLIONS, M. C., TEETER, S. M., NELSON, W. E., 1970.** Equine digestive volatile fatty acid concentration. *Proc. 2nd Eq. Nutr. Res. Sym:* 21-22.
222. **STOCKHAM, S.L. 1995.** Interpretation of serum biochemical profile results. *Vet. Clinics. Nor. Am : Eq. Pract.*, 11 (3) : 391-414.
223. **STOUT, T.A.E., LAMMING, G.E. Et ALLEN, W.R. 2000.** The uterus as a source of oxytocin in cyclic mares. *Journal of Reproduction and Fertility Supplement* 56: 281–287.
224. **TAKAGI, S., SAKURAI, N. 1971.** Changes of glucose, pyruvate and lactate in blood of horses at rest and during exercise. *Exp. Rep. Equine Hlth. Lah.* 8: 100-109.

225. **TANAKA, Y., NAGAMINE, N., NAMBO, Y., NAGATA, S., NAGAOKA, K., TSUNODA, N., TANIYAMA, H., YOSHIHARA, T., OIKAWA, M., WATANABE, G., TAYA, K. 2000.** Ovarian secretion of inhibin in mares. *J Reprod Fertil Suppl*; 56:239–245.
226. **TASAKA, Y., SEKINE, M., WAKATSUKI, M., OHGAWARA, H., SHIZUM, E K., 1975.** Levels of pancreatic glucagon, insulin and glucose during twenty-four hours of the day in normal subjects. *Horm. Metab. Res.*, 7: 205-206.
227. **TAYLOR-MACALLISTER, C. et al. 1997.** Haematology and serum biochemistry evaluation in normal postpartum mares. *Equine Veterinary Journal* 29(3): 234-235.
228. **TETZKE, T.A., ISMAIL, S., MIKUCKIS, G., AND EVANS J.W. 1987.** Patterns of oxytocin secretion during the oestrous cycle of the mare. *Journal Of Reproduction And Fertility, Suppl.* 35: 245-252.
229. **THIVEND, P., MARTIN-ROSSET, W., 1971.** Etude des variations post-prandiales de la glycémie mésentérique chez le veau préruminant. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 11 : 350-351.
230. **TORRES, J., GRAC, A, C., CARNEIRO, G., 1977.** Formation and genetic structure of a herd Campolina in mines. *Arq. Esc. Vet. U.f.m.g.* 29 (3): 311–329.
231. **TUCKER, K.E., HENDERSON, K.A. AND DUBY, R.T. 1991.** In vitro steroidogenesis by granulosa cells from equine preovulatory follicles. *Journal of reproduction and fertility Supplement* 44 : 45-55.
232. **VALERA, M., BLES, F., DOS SANTOS, R., MOLINA, A. 2006.** Genetic study of gestation length in andalusian and Arabian mares. *Animal Reproduction Science.* 95: 75–96.
233. **VAN NIEKERK, C.H., VAN HEERDEN J.S. 1972.** Nutrition and ovarian activity of mares early in the breeding season. *J. S. Afr. Vet. Ass.*, 43 (4): 351-360.
234. **VANDEPLASSCHE, M., 1992.** Pre birth complications and dystocia. Current therapeutic equine medicine, *second ed. inter-medica, Buenos Aires, Argentina*, pp. 578–583.
235. **VASSAIRE, J.P. 1977.** *Sexualité et reproduction des mammifères domestiques et du laboratoire.* Maloine S.A. éditeur 27, rue École de Médecine 7600 P (68-69, 138-139).
236. **VASSILEV, D., DIMOV, G., TSANKOV, T., 2002.** Direct, maternal and uncorrelated (co)variances for gestation length in plevien warmblood mares. in: *7th world congress on genetics applied to livestock production, Montpellier, France.*
237. **VAZ, B.B.D. et al. 2000.** Constituintes hematimétricos do sangue de éguas gestantes de raça árabe. *Veterinária Notícias*, 6 (1): 51-55.
238. **VIOLLET G. 1986.** La Gémellité chez la jument. *Thèse Méd. Vét., Lyon, n°27*, 66p.
239. **VIVO, R., CASTEJON, F., SANTISTEBAN, R., TOVAR, P. 1983.** Duration of pregnancy in mares races Arabic and Spanish. *Arch. Zootec.* 23 (10/12): 263–268.
240. **VOSS, J.L., & PICKETT, B.W. 1974.** Effect of nutritional supplement on pregnancy rate in nonlactating mares. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 165 (8): 702-703.
241. **WARSZAWSKY, L.F., PARKER, W.G., FIRST, N.L. & GINTHER, O.J. 1972.** Gross changes of internal genitalia during the estrous cycle of the mare. *Am. J. vet. Res.* (33): 10-26.
242. **WATSON, E.D., HEALD, M., TSIGOS, A., LEASK, R., STEEL, M., GROOM, N.P, ET RILEY, S.C. 2002.** Plasma FSH, Inhibin A and Inhibine isoformes containing pro- and - α C during winter anoestrus spring transition and the breeding season mares. *Reproduction* (123): 535-542.
243. **WATSON, E.D., McDONNELL, A.M., Et Cuddeford, D. 1994** Characteristics of cyclicity in maiden thouroughtbred mares in the united kingdom. *Veterinary Record.* (135): 104-106.
244. **WEEDMAN, P.J., KING, S.S., NEWMAN, K.R. AND NEQUIN, L.G. 1993** Comparision of circulation estradiol 17b and folliculogenesis during the breeding season, autumn tansition and anoestrus in the mare. *J. of Eq. Vet. Sci.*(13): 502-505.

245. **WEST, G., 1994.** *Black's veterinary dictionary. B.T. limited, batsford.*
246. **WHITMORE, H. L., WENTWORTH, B. C. AND GINTHER, O. J. 1973.** Circulating levels of luteinizing hormone during the estrous cycle of mares based on radioimmunoassay. *Amer. J. Vet. Res.* 34:631.
247. **WILSHER, S., AND ALLEN W.R. 2002.** The effects of maternal age and parity on placental and fetal development in the mare. *Equine Vet. J.*, (35): 476–483.
248. **WOLTER, R. 1975.** Alimentation et fertilité chez la jument. *Prat. Vet. Eq.*, 7 (4) : 161-168.
249. **WOLTER, R. 1992.** Le rationnement pratique des juments et des poulains. *Prat. Vet. Eq.*, 24(1) : 39-52.
250. **WOLTER, R. 1999** Alimentation du Cheval. 2ème édition. Ed. France Agricole, 478 p.
251. **WOLTER, R., GOUY D., DURIX A., LETOURNEAU J. C., CARCELEN M., LANDREAU J., 1978.** Digestibilité et activité biochimique intracaecale chez le poney recevant un même aliment complet présenté sous forme granulée, expansée ou semi-expansée. *Ann. Zootech.*, (27): 47-60.
252. **YANG, J.Y. AND CHO, G.I. 2007.** Factors concerning early embryonic death of thoroughbred mares in South Korea. *Theriogenology*, (69): 787-792.
253. **ZEGHER, F., DEVLIEGER K., AND EECKELS, R. 1999.** Fetal growth: Boys before girls. *Horm. Res.*, (51): 258–259.