



Institut des Sciences
Vétérinaires- Blida

Université Saad
Dahlab-Blida 1-



Projet de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du
Diplôme de Docteur Vétérinaire

Maîtrise du cycle œstral et de l'ovulation chez la jument

Présenté par

LABABOU Hichem

Devant le jury :

Présidente :	Ghour I.	MCA	USD, Blida - 1
Examineur :	Adel D.	MCB	UDS, Blida - 1
Promoteur :	Ferrouk M.	MCA	USD, Blida - 1
Co-promotrice :	Boukenaoui-Ferrouk N.	MCA	USD, Blida - 1

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciements

Tout d'abord, je remercie ALLAH, Dieu tout puissant, de m'avoir accordé toute la détermination, la volonté, la force, le courage et la patience pour achever ce travail ainsi que cinq longues années d'études.

Je remercie infiniment mon promoteur, Docteur Ferrouk Mostapha, d'avoir accepté de m'encadrer, pour son suivi, sa patience, sa disponibilité, son soutien et tous ses efforts fournis durant cette année.

Merci à ma co-promotrice, docteur Boukenaoui-Ferrouk Nouria pour sa gentillesse, sa bienveillance et sa compréhension.

Un grand merci aux membres du jury. Docteur Ghouri Imane et Docteur Adel Djalel, pour être avant tout de magnifiques enseignants, et pour avoir accepté d'examiner et de parfaire ce modeste travail.

Mes remerciements vont également au corps professoral et administratif de l'Institut des Sciences Vétérinaires de Blida.

Dédicaces

Depuis ma naissance, j'ai toujours compté sur deux personnes qui n'ont jamais cessé de donner le meilleur d'eux mêmes et que sans eux, ma vie n'aurait aucun sens, parce qu'ils sont le pourquoi du comment j'ai réussi à me construire jusqu'à ce jour.

Mon petit papounet, la maladie t'a forcé à nous quitter très tôt et cela nous a coûté le prix de vivre des années sombres durant lesquelles l'aube est moins claire, l'air moins pur et le ciel moins chaud. Sans pouvoir profiter de ton sourire rayonnant et angélique, ton énergie qui pourrait faire fonctionner le monde entier, ta gentillesse sans limites, ton dévouement et ta bienveillance. Je donnerai tout pour t'avoir à mes côtés dans ces temps de réussite, hélas, la vie ne fonctionne pas ainsi. J'espère du fond du cœur que tu ne souffres plus là où tu es, et que cette réussite te rend fière.

Ma mamounette d'amour, ma raison de vivre, ma source de joie et de bonheur, toi qui sacrifies toujours une partie de toi pour que tes enfants aient une vie parfaite, toi qui nous soulèves à chaque fois qu'on trébuche et veilles à nous apporter soutien et force. Je te remercie d'avoir cru en moi et de m'avoir encouragé et offert l'environnement sain pour prospérer, évoluer et réussir dans mes études. Je sais que tout le monde pense avoir la meilleure maman, mais la mienne est de loin la plus parfaite des mères.

À mon frère, Nassim, qui m'a toujours épaulé, et qui a comblé chaque vide qu'il voyait. Je te remercie infiniment pour ton appui indéfectible, ta patience et ta compréhension. Pour ton amour et tes sacrifices.

À Mamie, ma grande mère chérie et Lilya, ma sœur bien aimée, merci d'être tous simplement là pour moi.

À Mes oncles, particulièrement SAM, et à mes tantes.

À Issam, merci de m'avoir offert des années pleines d'aventures et d'expériences, merci pour ton humour et pour la merveilleuse personne que tu es, et merci d'être à côté de moi.

À madame Ghouri Imane, mon enseignante adorée.

*À Anis pour ton aide précieuse, Amine, Aymen, Myra, Baya, Saida, Soumia
et Chaima. Merci d'être les amis que vous êtes.*

*Et à toute personne qui a contribué de loin ou de près pour la réalisation de ce
travail.*

Lababou Hichem

RÉSUMÉ

La jument est une espèce polyœstrienne à reproduction saisonnière, elle présente une multitude de particularités sur le plan anatomique et physiologique qui la caractérisent et qui rendent la maîtrise de la reproduction chez cette espèce beaucoup plus difficile par rapport à d'autres. L'objectif de notre travail est de réaliser une synthèse bibliographique sur l'anatomie de l'appareil reproducteur de la jument, la physiologie, les méthodes de détection des chaleurs et les techniques de reproduction ainsi que les principales méthodes hormonales disponibles pour contrôler la reproduction des juments, à savoir les traitements d'avancement de la saison de reproduction, de synchronisation des chaleurs et d'induction de l'ovulation. En effet, l'avancement de la saison de reproduction recherché peut être obtenu par luminothérapie et hormonothérapie. Ce traitement offre un ou deux cycles œstraux en plus aux juments traitées. Les traitements de synchronisation des chaleurs utilisés sont à base de progestérone, de progestagènes, de prostaglandines et/ou d'association d'hormones. Les traitements utilisant la progestérone ou ses analogues de synthèse sont basés sur leurs effets mimétiques de l'action de la progestérone naturellement synthétisée par le corps jaune au cours de la phase lutéale du cycle œstral. Le traitement associant progestérone, les œstrogènes et les prostaglandines s'avère plus efficace et induit une meilleure synchronisation des chaleurs et des ovulations. Le traitement utilisant les prostaglandines permet une régression du corps jaune et l'ovulation. Le traitement à deux injections de prostaglandines n'induit pas une synchronisation des ovulations. Suite à ces traitements de synchronisation et après apparition des chaleurs, l'induction de l'ovulation à un moment relativement précis peut être obtenue par administration de la Human Chorionic Gonadotropin, ou des agonistes de synthèse de la Gonadotropin-Releasing Hormone. L'application de ces techniques de maîtrise du cycle en élevage est utile pour améliorer l'efficacité de la gestion de la reproduction des juments.

Mots-clés : *Hormones, traitements, synchronisation, cycle œstral, jument.*

ملخص

الفرس هي نوع من الحيوانات المتعدد الدورات الشبقية مع تكاثر موسمي ، و تقدم العديد من الخصائص على المستوى التشريحي والسيولوجي التي تميزها والتي تجعل إتقان التكاثر في الفرس أكثر تطلبًا مقارنة بالحيوانات الأخرى. الهدف من عملنا هو إجراء وثيقة ببيوغرافية حول تشريح الجهاز التناسلي للفرس ، وعلم وظائف الأعضاء ، وطرق الكشف عن أعراض الشبق وتقنيات التكاثر ، وكذلك الطرق الهرمونية الرئيسية المتاحة للتحكم في التكاثر مثل علاجات تقديم موسم التكاثر ، تزامن أعراض الشبق وتحريض الإباضة. في الواقع ، يمكن تحقيق التقدم المنشود في موسم التكاثر عن طريق العلاج بالضوء أو بالهرمونات. يقدم هذا العلاج دورة أو دورتي شبق للأفراس المعالجة. تعتمد علاجات تنسيق أعراض الشبق المستخدمة على البروجسترون والبروجستيرون والبروستاجلاندين و / أو مزيج من الهرمونات. تعتمد العلاجات باستخدام البروجسترون أو نظائره الاصطناعية على آثارها المحاكية على عمل البروجسترون الذي يتم تصنيعه بشكل طبيعي بواسطة الجسم الأصفر خلال المرحلة الأصفرية من الدورة الشبقية. العلاج الذي يجمع بين البروجسترون والإستروجين والبروستاجلاندين أكثر فعالية ويؤدي إلى تزامن أفضل للإباضة والشبق. يسمح العلاج باستخدام البروستاجلاندين بتراجع الجسم الأصفر والإباضة. العلاج بحقنتين من البروستاجلاندين لا يؤدي إلى تزامن الإباضة. بعد علاجات المزامنة هذه وبعد بدء أعراض الشبق ، يمكن الحصول على الإباضة في لحظة دقيقة نسبيًا عن طريق حقن الـ hCG ، أو نظائر الـ GnRH. إن تطبيق تقنيات التحكم في الدورة في التربية مفيد لتحسين كفاءة إدارة تكاثر الفرس.

الكلمات المفتاحية : الهرمونات ، العلاجات ، التزامن ، الدورة الجنسية ، الفرس.

ABSTRACT

The mare is a polyestrian specie with seasonal reproduction, it presents a multitude of particularities on the anatomical and physiological level which characterize it and makes the mastery of reproduction in this specie much trickier compared to others. The objective of our study is to carry out a bibliographical synthesis on the anatomy of the reproductive system of the mare, the physiology, the methods of heat detection and the techniques of reproduction as well as the main hormonal methods available to control mares reproduction, namely treatments to advance the breeding season, heat synchronization and ovulation induction. Indeed, the desired advancement of the breeding season can be obtained by light and hormone therapy. This treatment offers one or two more estrous cycles to treated mares. The heat synchronization treatments used are based on progesterone, progestogens, prostaglandins and/or a combination of hormones. Treatments using progesterone or its synthetic analogues are based on their mimetic effects on the action of progesterone naturally synthesized by the corpus luteum during the luteal phase of the estrous cycle. Treatments combining progesterone, estrogens and prostaglandins is more effective and induces better synchronization of estrus and ovulation. Treatments using prostaglandins allows regression of the corpus luteum and ovulation. Treatments with two injections of prostaglandins do not induce synchronization of ovulations. Following these synchronization treatments and after onset of heat, ovulation induction at a relatively precise moment can be obtained by administering the Human Chorionic Gonadotropin, or synthetic Gonadotropin-Releasing Hormone agonists. The application of these cycle control techniques in breeding is useful for improving the efficiency of mare reproduction management.

Keywords: *Hormones, treatments, synchronization, estrus cycle, mare.*

SOMMAIRE

RÉSUMÉ

ملخص

ABSTRACT

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABRÉVIATIONS

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I. ANATOMIE ET HISTOLOGIE DE L'APPAREIL GENITAL DE LA JUMENT	2
I.1. Vulve	2
I.2. Vagin	3
I.3. Utérus	4
I.4. Oviductes	5
I.5. Ovaires	5
CHAPITRE II. PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION DE LA JUMENT NON GRAVIDE.....	7
II.1. Puberté	7
II.2. Saisonnalité de la reproduction.....	7
II.2.1. Période de transition printanière	9
II.2.2. Période de reproduction	9
II.2.3. Période de transition automnale	9
II.2.4. Période d'anoestrus	10
II.3. Cycle œstral	10
II.3.1. Phase folliculaire.....	11
II.3.2. Phase lutéale	11
II.4. Contrôle neuro-endocrinien du cycle œstral	12
II.4.1. Mélatonine	12
II.4.2. Hormones hypothalamo-hypophysaires	13
II.4.2.1. Gonadotrophin-releasing hormone	13
II.4.2.2. Follicule-stimulating hormone	13
II.4.2.3. Luteinizing hormone	14
II.4.3. Hormones ovariennes	14

II.4.3.1.Œstrogènes	14
II.4.3.2.Progestérone	15
II.4.3.3. Inhibine.....	15
II.4.4. Prostaglandines	15
II.5. Dynamique folliculaire au cours du cycle	15
CHAPITRE III. DETECTION DES CHALEURS ET MISE A LA REPRODUCTION.....	18
III.1. Méthodes de détection des chaleurs	18
III.1.1. Appréciation du comportement de la jument	18
III.1.2. Examen visuel de la vulve.....	19
III.1.3. Examen du vagin et du col utérin au speculum	19
III.1.4. Examen génital par palpation transrectale	19
III.1.5. Examen génital par échographie transrectale	20
III.2. Prédiction de l'ovulation	21
III.3. Méthodes de mises à la reproduction.....	22
III.3.1. Monte naturelle.....	23
III.3.1.1. Monte en liberté	23
III.3.1.2. Monte en main.....	23
III.3.2. Insémination artificielle.....	24
III.3.2. 1. Avantages et inconvénients de l'insémination artificielle	25
III.3.2. 2. Récolte de la semence.....	25
III.3.2. 3. Différents types d'insémination artificielle	26
III.3.3. Transfert embryonnaire	26
CHAPITRE IV. MAITRISE DU CYCLE ŒSTRAL ET INDUCTION DE L'OVULATION CHEZ LA JUMENT	28
IV.1. Traitement d'avancement de la saison de reproduction	28
IV.1.1. Traitement lumineux.....	28
IV.1.2. Traitements hormonaux.....	29
IV.1.3. Antagonistes de la dopamine	30
IV.2. Traitements d'induction de l'ovulation	31
IV.2.1. Gonadotrophine chorionique humaine.....	31
IV.2.2. Gonadotrophine releasing hormone.....	31
IV.2.3. LH recombinante équine	32
IV.2.4. Extraits hypophysaires équins.....	32
IV.3. Traitements de synchronisation des chaleurs chez les juments.....	32

IV.3.1. Traitements à base de prostaglandines	33
IV.3.2. Traitements à base de progestérone	35
CONCLUSION	37
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	38

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Représentation schématique de la vue dorsale de l'appareil génital de la jument	2
Figure 2 : Région périnéale de la jument	3
Figure 3 : Représentation schématique de la vue latérale de l'appareil génital de la jument	4
Figure 4 : Photographie montrant un ovaire actif de la jument	6
Figure 5 : Représentation schématique d'une coupe histologique d'un ovaire de jument.....	6
Figure 6 : Représentation schématique de la saisonnalité de reproduction chez la jument	7
Figure 7 : Représentation schématique de la régulation neuro-hormonale de la saisonnalité de reproduction chez la jument.....	8
Figure 8 : Représentation schématique des phases folliculaire et lutéale du cycle œstral chez la jument.....	11
Figure 9 : Représentation schématique du contrôle neuro-hormonal du cycle œstral chez la jument.....	12
Figure 10 : Evolution des concentrations hormonales au cours du cycle œstral chez la jument non gestante	14
Figure 11 : Photographies de jument à l'épreuve de la barre. (a) : jument avec des signes d'acceptation (b) avec des signes de refus	18
Figure 12 : Photographie représentant la turgescence de la vulve chez une jument en œstrus	19
Figure 13 : Image échographique d'un follicule pré ovulatoire chez la jument	20
Figure 14 : Image échographique d'un utérus en œstrus «en tranche d'orange» chez la jument	20
Figure 15 : Bottes de protection chez la jument.....	24
Figure 16 : Méthode monte en main d'une jument	24
Figure 17 : Vagin artificiel de type Colorado	25
Figure 18 : Représentation schématique de l'effet de l'augmentation de la durée d'éclairement sur l'activité ovarienne.....	29
Figure 19 : Photographie représentant le masque à lumière bleue	29
Figure 20 : Protocole standard de traitement de synchronisation des chaleurs à base de P4 - œstrogènes - PG.....	36

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Variations comportementales et anatomiques observées avec différentes méthodes d'examen au cours de l'oestrus et du dioestrus chez la jument	21
Tableau 2 : Fertilité par cycle en fonction du type de reproduction	26
Tableau 3 : Posologie des hormones utilisées en intra-musculaire dans le traitement d'avancement de la saison de reproduction	30
Tableau 4 : Réponse aux traitements d'induction de l'ovulation à base de Busérelina ou de Désloréline chez les juments	32
Tableau 5 : Posologie d'utilisation et voie d'administration des prostaglandines	33

LISTE DES ABRÉVIATIONS

°C : Degré Celsius

µg : Microgramme

CIDR : Controlled Intravaginal Drug Release

CL : Corpus luteum

cm : Centimètre

eFSH : Equine Follicle Stimulating Hormone

FSH : Follicle Stimulating Hormone

g : Gramme

GnRH : Gonadotropin-Releasing Hormone

hCG : human Chorionic Gonadotropin

IA : Insémination Artificielle

IAC : Insémination Artificielle avec sperme Conjoint

IAI : Insémination Artificielle Immédiate

IART : Insémination Artificielle Réfrigérée Transportée

IM : Intra-musculaire

IV : Intra-veineuse

kg : Kilogramme

LH : Luteizing hormone

mg : Milligramme

mL : Millilitre

mm : Millimètre

ng : Nanogramme

nm : Nanomètre

P4 : Progésterone

PG : Prostaglandines

PGF2 α : Prostaglandines F2 α

PO : Per Os

PRID : Progesterone releasing intra-vaginal device

reFSH : Recombinant equine Follicle Stimulating Hormone

reLH : Recombinant equine Luteizing Hormone

UI : Unité internationale

INTRODUCTION

Au niveau des centres d'élevage de chevaux, l'objectif recherché est de produire un poulain par an et par jument avec des naissances survenant le plus tôt possible dans l'année. En effet, la législation impose que l'âge de tous les animaux change au premier janvier. Ainsi, tous les poulains nés du 1^{er} janvier au 31 décembre de la même année seront déclarés administrativement, âgés d'un an au 1^{er} janvier de l'année suivante.

Par ailleurs, la jument présente certaines particularités de reproduction par rapport à d'autres espèces domestiques d'élevage. C'est une espèce polyœstrienne à reproduction saisonnière dépendante des variations de la durée du jour au cours de l'année. Elle est en activité sexuelle durant la période à jours longs de l'année, soit entre mars et octobre. Selon le règlement administratif appliqué aux chevaux inscrits au stud-book, la période de monte s'étend du 15 février au 15 juillet. Le cycle œstral des juments est caractérisé par une phase œstrale allongée (7 jours), de durée variable correspondant en moyenne à la moitié de celle du dioestrus (14 jours). Ainsi, l'ovulation survient dans 69% des cas au cours des 2 derniers jours de l'œstrus (McCue, 2014).

En raison de ces particularités physiologiques et du nombre limité de cycles sexuels disponibles en saison de reproduction, des techniques de biotechnologie liées à la reproduction ont été mises en place pour améliorer le rendement reproductif des juments. En effet, les techniques hormonales de maîtrise du cycle œstral et d'induction de l'ovulation sont largement utilisées dans l'élevage équin à cause de l'allongement de la durée de l'œstrus et de sa variabilité chez un grand nombre de juments (Puderbaugh et Riese, 1983).

Ces techniques sont d'un grand intérêt pour la conduite de la reproduction afin d'améliorer l'efficacité de la reproduction des chevaux. En effet, l'utilisation de ces techniques permet de diminuer le nombre de saillies ou d'inséminations par œstrus et de limiter les risques de contamination bactérienne et de transmission des maladies vénériennes en monte naturelle (Ingwerson, 2007 ; Najjar *et al.*, 2018).

L'objectif de notre travail est de réaliser une synthèse bibliographique sur les principales méthodes hormonales disponibles de maîtrise du cycle œstral notamment les méthodes de synchronisation de l'œstrus et d'induction de l'ovulation chez les juments.

CHAPITRE I. ANATOMIE ET HISTOLOGIE DE L'APPAREIL GENITAL DE LA JUMENT

L'appareil reproducteur de la jument est un organe tubulaire en forme de Y avec une série de constriction sur toute sa longueur. Le périnée et la vulve, sont des structures externes, alors que le vagin le col de l'utérus, le corps de l'utérus, les cornes de l'utérus, les trompes de Fallope et les ovaires, représentent les organes internes de l'appareil reproducteurs et assurent le passage des spermatozoïdes, la fécondation et le développement de l'embryon (Figure 1) (Brinsko *et al.*, 2011).

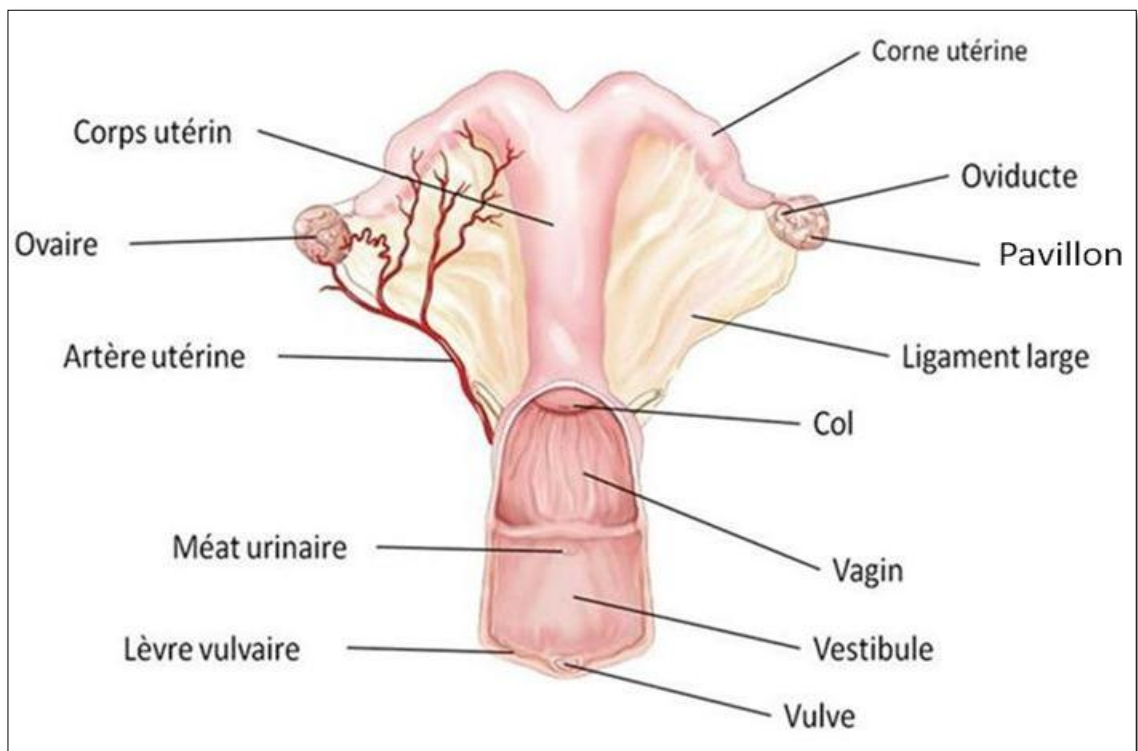


Figure 1 : Représentation schématique de la vue dorsale de l'appareil génital de la jument (Brinsko *et al.*, 2011)

I.1. Vulve

La vulve représente la partie externe de l'appareil génital femelle. Elle est formée de deux lèvres. Ces deux lèvres sont recouvertes d'une peau fine, élastique et pigmentée, renfermant plusieurs glandes sébacées et sudoripares. Elles contiennent une musculature sous-jacente, associée au clitoris, capable de contracter la vulve et elle est aussi en partie responsable de sa rétraction et de son allongement au cours du dioestrus et de l'œstrus respectivement (Brinsko *et al.*, 2011 ; Abad et Rigaud, 2019). La fente vulvaire se situe 5 à 7 cm sous l'anus (Figure 2). Elle présente une commissure dorsale proche de l'anus pointue et une

commissure ventrale plus large et arrondie. La vulve est en position verticale, légèrement inclinée crânio-caudalement et mesure 12 à 15 cm de long (Figure 2) (Brinsko *et al.*, 2011).

La conformation périnéale chez la jument est d'une importance cruciale d'une part pour son rôle protecteur du tractus génital contre les contaminations bactériennes et l'apparition de certaines pathologies telles que le pneumovagin, l'urovagin ou l'endométrite et d'autre part pour faciliter la monte naturelle ou même la pratique de l'insémination artificielle (Brinsko *et al.*, 2011).

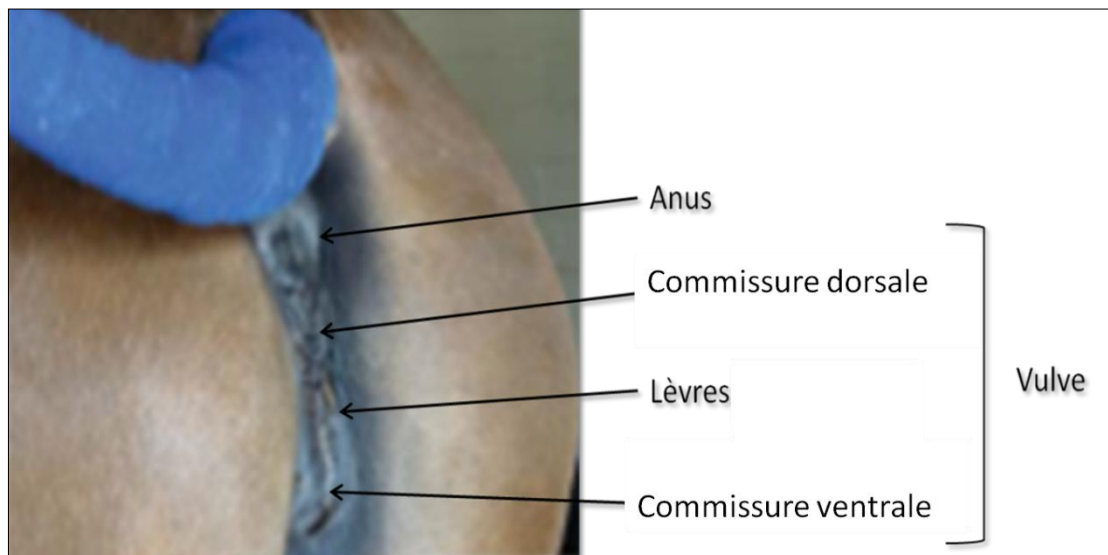


Figure 2 : Région périnéale de la jument (Adaptée de : Davies-Morel, 2018)

I.2. Vagin

Le vagin est un organe tubulaire, d'un diamètre de 10 à 18 cm, s'étend horizontalement sur une longueur de 18 à 23 cm (Figure 3). La paroi du vagin est composée d'une séreuse, d'une musculuse et d'une muqueuse formée par un épithélium pavimenteux stratifié, dépourvu de glandes dont la paroi est lubrifiée par les sécrétions issues du col utérin. La couleur de la muqueuse vaginale varie au cours du cycle œstral (Brinsko *et al.*, 2011).

Le vestibule du vagin, de conformation tubulaire avec une orientation descendante, s'étend de l'anneau vestibulo-vaginal jusqu'à la vulve (Figure 1). Il mesure environ 10 à 12 cm de long (Mckinnon *et al.*, 2011). L'extrémité postérieure du vagin délimitée par l'anneau vestibulo-vaginal localisée entre le vagin et vestibule du vagin forme l'hymen (Samper *et al.*, 2007). La muqueuse du vestibule est riche en glandes sécrétant du mucus permettant de lubrifier le tractus génital postérieur (Brinsko *et al.*, 2011).

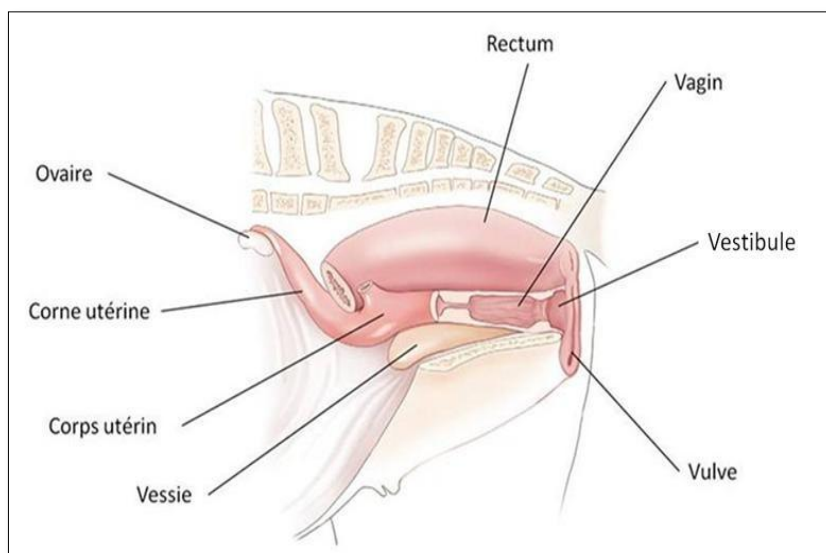


Figure 3 : Représentation schématique de la vue latérale de l'appareil génital de la jument (Brinsko *et al.*, 2011)

I.3. Utérus

Il est de type bicornis en forme d'Y, composée par le col, le corps et les cornes utérines.

- **Le col utérin** ou cervix, d'une longueur de 6 à 8 cm et d'un diamètre de 4 à 5 cm, est traversé par un étroit canal correspondant au canal cervical. Ce dernier s'ouvre au vagin par l'ostium externe et au corps utérin par l'ostium interne (Figures 1 et 3). A l'observation, après insertion d'un spéculum vaginal, le col utérin apparaît comme une structure dite en fleurs épanouies. Le col est dur et fermé en période dioestrale, mou et congestionné pendant l'œstrus (Brinsko *et al.*, 2011 ; Abad et Rigaud, 2019).

- **Le corps utérin**, organe creux, présente une longueur de 18 à 20 cm et un diamètre de 8 cm. Il est composé d'un endomètre à épithélium simple pseudo-stratifié, d'un myomètre formé d'une couche musculaire interne circulaire et d'une couche musculaire externe longitudinale et d'une séreuse externe (Davies-Morel, 2008).

- **Les cornes utérines** au nombre de deux d'une longueur de 20 à 25 cm, se prolongent crânialement par les trompes de Fallope. Elles sont intra-abdominales et soutenues par le ligament large (Figures 1 et 3) (Charlot-Valdieu, 2006). Ce dernier est divisé en 3 parties, le mésométrium et le mésosalpinx soutenant respectivement les cornes utérines et les trompes de Fallope, et enfin le mésovarium attaché à la quatrième ou cinquième vertèbre lombaire soutenant les ovaires. Les composantes structurales du ligament large assurent non seulement une relative fixité de l'utérus dans la cavité abdominale mais aussi le passage des artères, des veines et des nerfs qui irriguent et innervent l'utérus et les ovaires (Davies-Morel, 2008).

I.4. Oviductes

Les oviductes ou salpinx, les trompes utérines ou de Fallope, au nombre de 2 chez la jument, assurent la jonction entre l'utérus et l'ovaire (Figure 1). Ce sont de longs tubules tortueux mesurant entre 20 et 30 cm qui suivent le cheminement des bordures du ligament large (Brinsko *et al.*, 2011).

Les oviductes sont divisés en 4 parties :

- La jonction utéro-tubaire, zone de jonction entre l'oviducte et la corne utérine correspondante, est formée par une forte concentration de cellules musculaires du myomètre circulaire de la trompe de Fallope.
- L'isthme d'un diamètre réduit, assure la remontée des spermatozoïdes vers l'ampoule ou la descente de l'œuf fécondé vers l'utérus.
- L'ampoule, portion dilatée et tortueuse, correspond au lieu de fécondation.
- L'infundibulum en forme d'entonnoir recouvre partiellement l'ovaire qui est uni à ce dernier par la *fimbria ovarica*. Il assure la captation de l'ovocyte après ovulation pour le diriger vers le lieu de fécondation grâce aux cils et aux contractions musculaires (Charlot-Valdieu, 2006).

I.5. Ovaires

Ce sont des glandes amphicrines, au nombre de deux, suspendues dans la cavité abdominale. Elles représentent la partie la plus antérieure de l'appareil reproducteur (Figures 1 et 3).

Ils sont de forme réniforme et mesurent environ 6,5 cm de long, 3,5 cm de large et 3,5 cm d'épaisseur en saison de reproduction (Figure 4). En fonction de l'activité ovarienne, le poids des ovaires varie entre 70 à 80 g. Chaque ovaire présente deux faces (médiale et latérale), deux bords (dorsal et ventral) et de deux pôles (crânial et caudal). Le bord libre de chaque ovaire présente sur une fosse d'ovulation de 5mm de profondeur. Les ovaires sont recouverts d'une épaisse albuginée et sont enveloppés de péritoine, à l'exception de la fosse d'ovulation (Davies-Morel, 2008 ; Brinsko *et al.*, 2011).

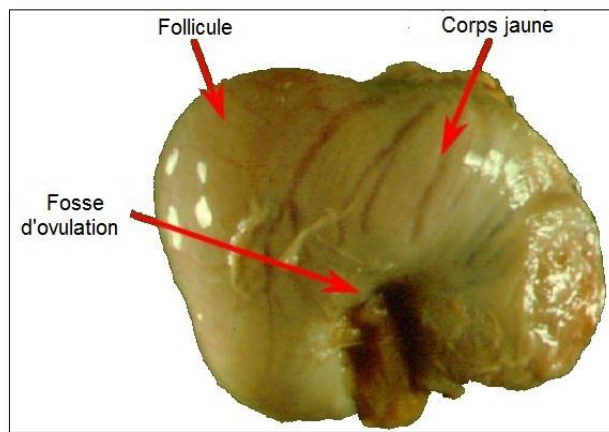


Figure 4 : Photographie montrant un ovaire actif de la jument (Parrish, 2018)

Contrairement aux autres espèces, l'ovaire de la jument est dit « à l'envers » du fait que la zone médullaire est vers l'extérieur alors que la zone corticale renfermant les follicules est localisée à l'intérieur de l'ovaire (Figure 5) (Brinsko *et al.*, 2011). Le tissu cortical n'atteint la surface qu'au niveau de la dépression du bord ventral ou libre de l'ovaire. C'est donc la seule zone à partir de laquelle l'ovulation se produit et qui est appelée fosse d'ovulation (Figures 4 et 5) (Brinsko *et al.*, 2011).

Les ovaires assurent deux fonctions, une fonction exocrine par le développement des gamètes et l'ovulation, et une fonction endocrine par la synthèse de diverses hormones.

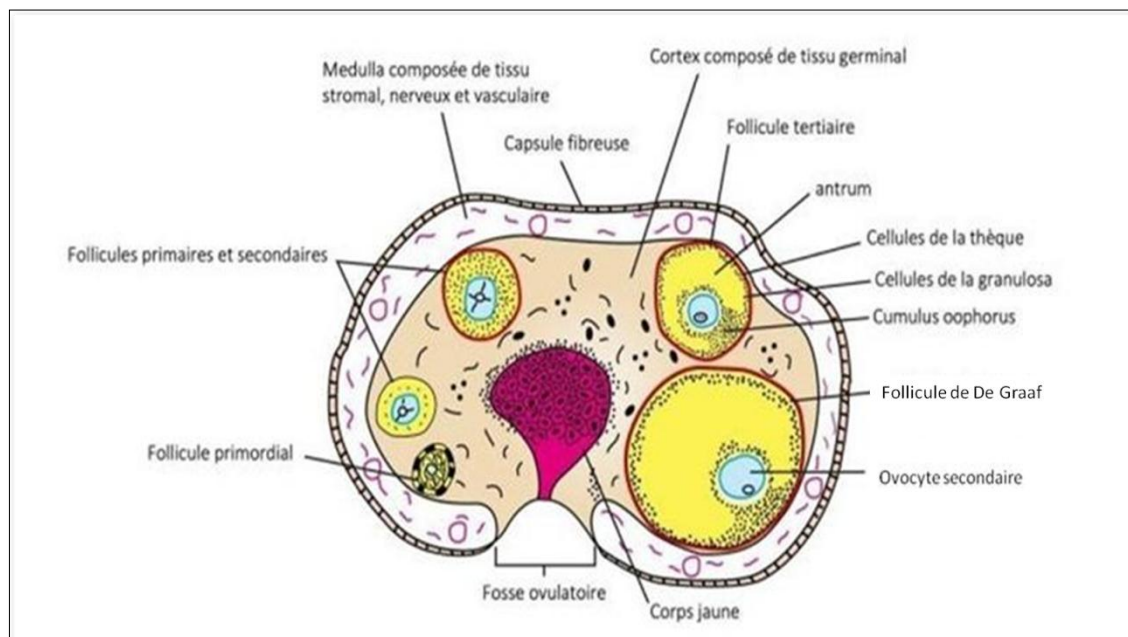


Figure 5 : Représentation schématique d'une coupe histologique d'un ovaire de jument (Adaptée de : Davies-Morel, 2008)

CHAPITRE II. PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION DE LA JUMENT NON GRAVIDE

II.1. Puberté

La puberté correspond à la maturité sexuelle qui se rapporte à l'âge au premier œstrus ou à l'âge à la première ovulation. La jument est généralement pubère entre 12 et 18 mois d'âge (Samper, 2009). L'âge à la puberté peut varier en fonction de plusieurs facteurs notamment la race, la période de naissance, l'état nutritionnel et l'état corporel (Kainer, 2011). Toutefois, quelque soit l'âge à la puberté, la jument n'est mise à la reproduction que quand elle aura une taille suffisante pour mener à bien la gestation et sans répercussions néfastes au poulinage. L'âge recommandé pour la mise en reproduction varie entre 2 et 3 ans en fonction des races (Sendel, 2010).

II.2. Saisonnalité de la reproduction

La jument est une espèce polyœstrienne à reproduction saisonnière pendant les jours longs de l'année. Dans l'hémisphère nord, la jument présente plusieurs cycles œstraux successifs pendant la période à jours longs (Avril à Octobre) et une période d'anoestrus saisonnier pendant la période à jours courts (hiver) (Figure 6) (Charlot-Valdieu, 2006).

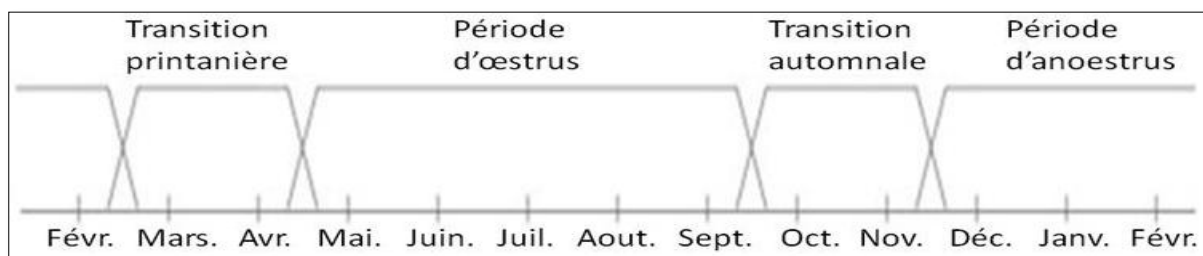
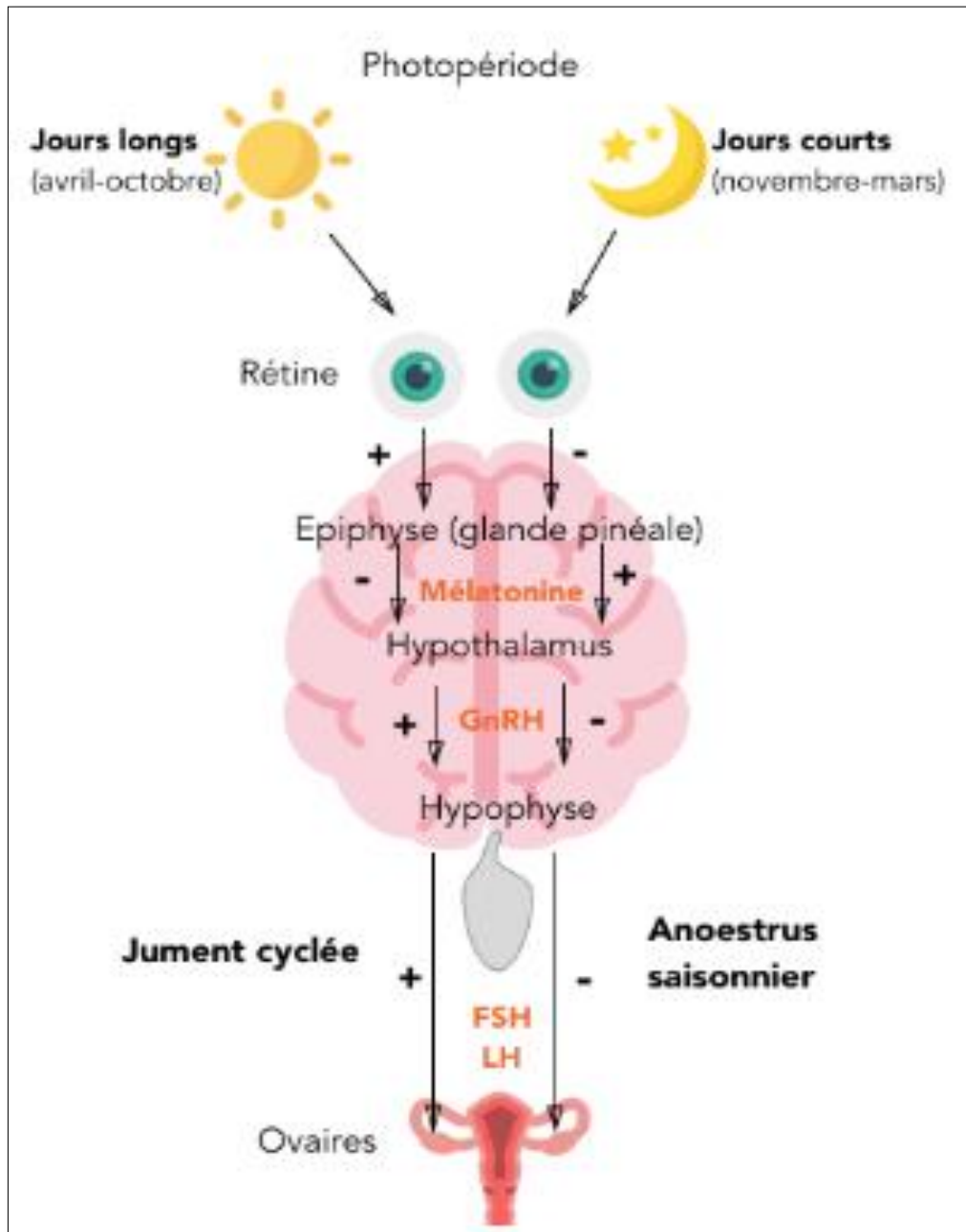


Figure 6 : Représentation schématique de la saisonnalité de reproduction chez la jument (Giedt et Hiney, 2019)

Cette variation annuelle de l'activité de reproduction est régulée par la photopériode. Les photorécepteurs rétiniens captent les informations de la stimulation lumineuse et les transforment en un influx nerveux. Ce dernier est transporté par le nerf optique jusqu'au noyau supra-chiasmatique puis jusqu'à la glande pinéale, responsable de la sécrétion de la mélatonine (Figure 7) (Satué et Gardón, 2013). Cette dernière est libérée pendant les heures d'obscurité. Au cours du printemps et de l'été, la sécrétion de mélatonine diminue chez les juments exposées à des jours longs, ce qui stimule la libération de gonadotrophines : la

Folliculo-Stimulante Hormone (FSH) et la Luteinizing Hormone (LH) par l'antéhypophyse et par conséquent la reprise de l'activité sexuelle. En conséquence, les modifications de la durée de la photopériode au cours de l'année déterminent la saisonnalité de la reproduction chez la jument qui se traduit par quatre périodes endocriniennes et physiologiques différentes : une période de transition printanière, une période de reproduction, une période de transition automnale et enfin par une période d'anoestrus hivernal (Figure 6) (Aurich, 2011 ; Satué et Gardón, 2013).



GnRH : Gonadotropin-Releasing Hormone

Figure 7 : Représentation schématique de la régulation neuro-hormonale de la saisonnalité de reproduction chez la jument (Slove, 2019)

II.2.1. Période de transition printanière

La période de transition printanière ou de transition vers l'œstrus survient après l'anoestrus hivernal au début du printemps suite à l'augmentation progressive de la photopériode (Figure 6). Elle a une durée variable de 6 à 8 semaines. Pendant cette période de transition, les juments présentent une activité sexuelle incorrecte caractérisée par une manifestation de chaleurs irrégulières et longues ainsi que par le développement d'un follicule dominant anovulatoire pendant plusieurs cycles, et cela à cause d'une concentration insuffisante de LH (Löfstedt, 2011 ; Satué et Gardón, 2013). La fin de cette période de transition est marquée par la survenue de la première ovulation indiquant le début de la saison de reproduction (Löfstedt, 2011).

II.2.2. Période de reproduction

La saison de reproduction ou saison ovulatoire s'étend du mois d'avril au mois de septembre dans l'hémisphère nord et du mois d'octobre au mois de mars dans l'hémisphère sud. Le début de la période de reproduction survient lorsque la durée de la photopériode claire est suffisante pour supprimer le réflexe inhibiteur de la mélatonine sur la Gonadotropin-Releasing Hormone (GnRH). À chaque cycle œstral, il peut y avoir une ou deux vagues folliculaires majeures suite à la sécrétion de FSH. Pendant la saison de reproduction, les vagues folliculaires aboutissent à la formation d'un follicule dominant. Dans l'hémisphère nord, les cycles œstraux sont plus durables au début (avril ou mai) qu'à la fin de la saison de reproduction (juin ou juillet). Il a été émis l'hypothèse que le but de la saisonnalité de la reproduction est d'assurer les naissances au moment le plus favorable de l'année, avec de meilleures conditions environnementales et une meilleure disponibilité alimentaire pour le bon développement du poulain (Aurich, 2011 ; Satué et Gardón, 2013).

II.2.3. Période de transition automnale

Le début de la période de transition automnale ou de transition vers l'anoestrus est favorisé par la diminution de l'influence de la photopériode de fin de l'été, qui dans l'hémisphère nord couvre les mois d'octobre à décembre (Satué et Gardón, 2013). Cette période de transition automnale représente le passage d'une phase d'œstrus réguliers vers une phase d'anoestrus saisonnier due à une sécrétion insuffisante de LH (Löfstedt, 2011 ; Satué et Gardón, 2013).

II.2.4. Période d'anoestrus

L'anoestrus saisonnier chez les juments résulte de l'influence limitée de la photopériode sur les niveaux de gonadotrophines et survient durant l'hiver (décembre-mi-février) dans l'hémisphère nord. L'augmentation de la durée d'obscurité pendant l'hiver favorise la libération de fortes concentrations de mélatonine qui bloque l'axe hypothalamo-hypophysio-ovarien. Ainsi, la sécrétion de GnRH n'est pas suffisante pour stimuler la sécrétion des gonadotrophines FSH et LH (Alexander et Irvine, 1991). Généralement durant cette période, la jument ne présente pas de signes d'œstrus. Les ovaires sont inactifs, de petite taille et ne présentent que des follicules dont la taille est d'environ 15 mm. Ce modèle saisonnier de reproduction peut être influencé par une grande variété de facteurs tels que la température, la région géographique, la race, l'âge, l'état physiologique, la présence de stress ou de maladie, l'alimentation et l'état corporel (Satué et Gardón, 2013).

II.3. Cycle œstral

Durant la saison de reproduction, la jument non gestante présente une succession de cycles œstraux qui se répètent régulièrement avec un intervalle constant. Le cycle œstral correspond à l'ensemble des modifications structurales, physiologiques et comportementales qui se produisent à intervalles réguliers. Sa durée correspond à l'entre-temps séparant deux ovulations consécutives. Chez la jument, la durée moyenne du cycle œstral est de 21 jours avec une étendue de variation de 18 à 22 jours (Brinsko *et al.*, 2011).

Le cycle œstral est composé de deux phases bien différenciées (Figure 8) : une phase folliculaire ou œstrale et une phase lutéale ou dioœstrale à dominance hormonale oestrogénique et progestéronique respectivement. Ces deux phases sont caractérisées par des modifications anatomiques de l'appareil génital et comportementales de la jument (Satué et Gardón, 2013).

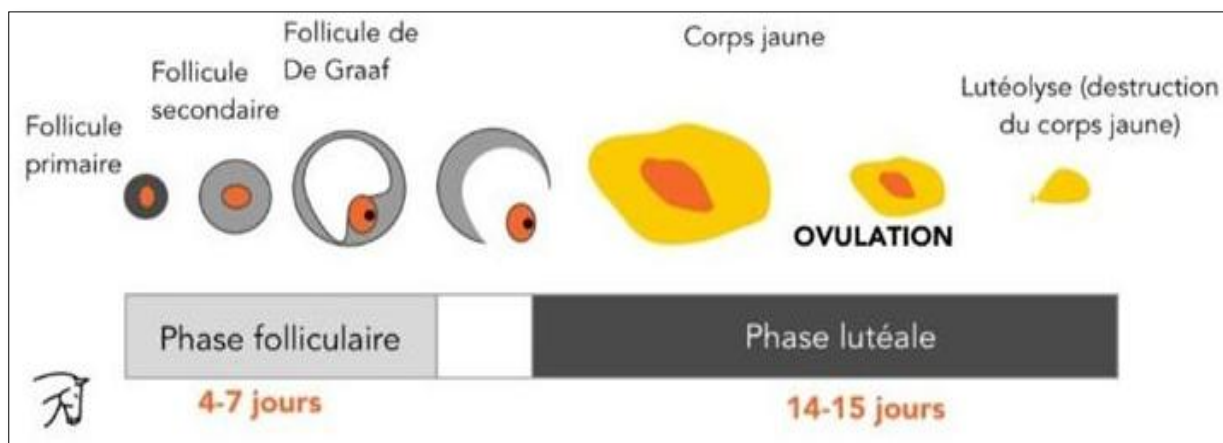


Figure 8 : Représentation schématique des phases folliculaire et lutéale du cycle œstral chez la jument (Slove, 2019)

II.3.1. Phase folliculaire

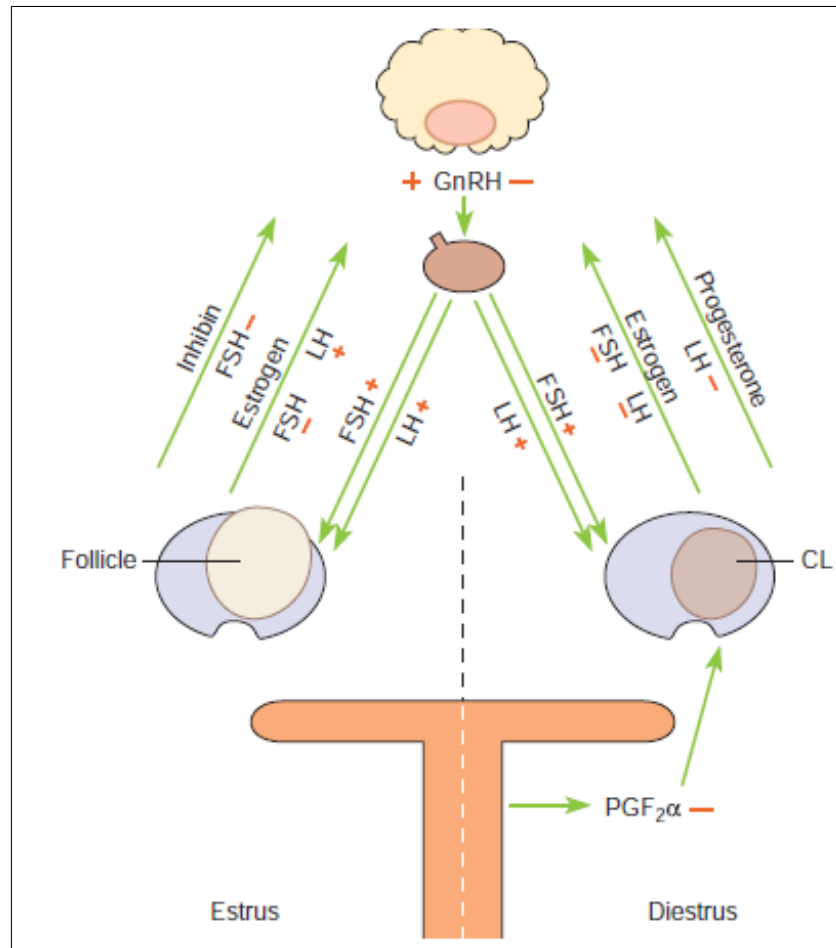
Cette phase folliculaire ou œstrale est caractérisée par la présence de follicules à différents stades de développement et une augmentation simultanée de la sécrétion d'œstrogènes. Elle a une durée moyenne de 7 jours. Pendant cette période, la jument est sexuellement réceptive et prête à accepter l'étalon. L'appareil génital est préparé pour accueillir et transporter les spermatozoïdes vers l'oviducte, correspondant au lieu de fécondation (Brinsko *et al.*, 2011).

II.3.2. Phase lutéale

La phase lutéale ou dioestrale commence à l'ovulation avec la formation d'un corps jaune, qui est responsable de la synthèse de la progestérone (P4). Contrairement à la phase folliculaire, la durée du dioestrus, de 14 jours en moyenne, est plus ou moins constante. Pendant cette période, la jument n'est pas réceptive à l'étalon et son tractus génital est préparé pour accueillir et nourrir l'éventuel embryon en cas de gestation, d'une durée d'environ 11 mois (Brinsko *et al.*, 2011 ; Satué et Gardón, 2013 ; Le Masne et Doligez, 2017). En absence de gestation, il y a libération des prostaglandines F2 α (PGF2 α) par l'endomètre utérin. Ces dernières provoquent une régression du corps jaune qui survient 13 à 16 jours après sa formation et une diminution rapide de la synthèse de la P4. Par la suite, la jument retourne en œstrus et un nouveau cycle débute, ceci correspond à la fin du dioestrus et le début d'un nouveau cycle œstral (Brinsko *et al.*, 2011 ; Satué et Gardón, 2013).

II.4. Contrôle neuro-endocrinien du cycle œstral

Le contrôle neuro-endocrinien du cycle œstral est sous l'influence des hormones de l'axe hypothalamo-hypophyso-gonado-utérin. Au cours de la saison de reproduction, les mécanismes physiologiques qui se produisent pendant le cycle œstral sont contrôlés et régulés par diverses hormones comme la GnRH, la FSH, la LH, les œstrogènes (E2), la P4 et les PGF₂α (Figure 9) (Brinsko *et al.*, 2011).



CL : Corpus luteum

Figure 9 : Représentation schématique du contrôle neuro-hormonal du cycle œstral chez la jument (Brinsko *et al.*, 2011)

II.4.1. Mélatonine

La mélatonine, hormone synthétisée par les pinéaloctes de la glande pinéale (ou épiphyse) (Ambroise-Thomas, 1998), est responsable de la saisonnalité de la reproduction chez la jument en inhibant la sécrétion de la GnRH. Sa synthèse dépend de la durée d'éclaircissement quotidien. Au cours de la saison de reproduction (période des jours longs), l'inhibition exercée par la mélatonine sur la GnRH est levée (Allard *et al.*, 2019).

II.4.2. Hormones hypothalamo-hypophysaires

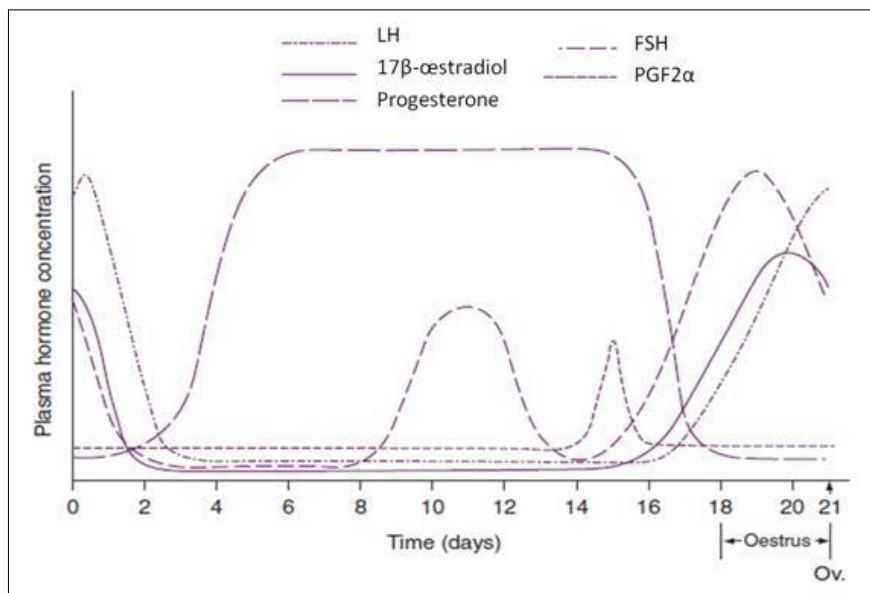
II.4.2.1. Gonadotrophin-releasing hormone

La sécrétion de la GnRH est dépendante de la concentration de la mélatonine. Elle est sécrétée par les cellules neuro-sécrétrices de l'hypothalamus et libérée de façon pulsatile au niveau du système porte hypothalamo-antéhypophysaire pour stimuler la synthèse et la libération des hormones gonadotropes, FSH et LH (Brinsko *et al.*, 2011).

II.4.2.2. Follicule-stimulating hormone

La FSH est une hormone gonadotrophique synthétisée au niveau de l'antéhypophyse et libérée au niveau de la circulation générale pour atteindre les ovaires. Sa sécrétion est stimulée par la GnRH et inhibée par l'inhibine produite par le follicule dominant localisé au niveau de l'ovaire actif. La FSH est responsable de la croissance et du développement folliculaire, de la production des œstrogènes par le follicule dominant et de la formation des récepteurs à LH sur le follicule préovulatoire (Davies-Morel, 2008).

La libération de la FSH décrit un profil de sécrétion biphasique au cours du cycle œstral chez la jument (Figure 10), qui se traduit par deux pics de FSH à deux périodes du cycle, le premier pic à 9-12 jours du cycle et le deuxième pic au moment de l'ovulation. Le taux sanguin basal de FSH est de 4 ng/mL au 15^{ème} jour après ovulation, augmente pour atteindre un pic de 9 ng/mL pendant l'œstrus (Davies-Morel, 2008 ; Satué et Gardón, 2013). Ce pic permettrait d'assurer le développement final du follicule avant l'ovulation et de démarrer le développement d'une nouvelle cohorte de follicules pour la prochaine ovulation, 21 jours plus tard (Davies-Morel, 2008).



Ov : Ovulation

Figure 10 : Evolution des concentrations hormonales au cours du cycle œstral chez la jument non gestante (Davies-Morel, 2008)

II.4.2.3. Luteinizing hormone

La LH, comme la FSH est une hormone synthétisée par l'antéhypophyse et sécrétée de façon pulsatile (Figure 10). Elle est responsable du développement final du follicule préovulatoire, de son ovulation et de la formation du corps jaune. Elle induit la synthèse des œstrogènes par le follicule, permettant ainsi de synchroniser l'ovulation et les manifestations d'œstrus. Sa sécrétion est stimulée par la GnRH et inhibée par la P4 (Davies-Morel, 2008 ; Samper, 2009). La concentration maximale de LH de 10-16 ng/mL est atteinte juste après l'ovulation puis diminue quelques jours après l'ovulation en raison de l'augmentation de la P4 produite par le corps jaune qui exerce un rétrocontrôle négatif (Palmer, 1978 ; Davies-Morel, 2008).

II.4.3. Hormones ovariennes

II.4.3.1. Œstrogènes

Le principal œstrogène est le 17β-œstradiol, hormone stéroïdienne produite par les follicules en croissance. Le taux d'œstrogènes augmente au fur et à mesure que le follicule se développe pour atteindre une concentration maximale 24 à 48 heures avant l'ovulation (Palmer, 1978). Les œstrogènes sont responsables des changements de comportement et des modifications du tractus génital lors de l'œstrus (Allard *et al.*, 2019).

II.4.3.2. Progestérone

La P4 est une hormone stéroïdienne sécrétée par le corps jaune formé après ovulation. Le taux de la P4 sanguin augmente pour atteindre un maximum 5 à 6 jours après l'ovulation (d'environ 10 ng/mL) et persiste pendant toute la phase du dioestrus. Cependant, en l'absence de gestation, le corps jaune régresse et la progestéronémie chute considérablement 4 à 5 jours avant la prochaine ovulation pour atteindre un niveau basal de 1 ng/mL pendant l'œstrus (Palmer, 1978 ; Davies-Morel, 2008). La P4 exerce un feedback négatif sur la sécrétion de la LH en bloquant toute autre ovulation. Par contre, l'inhibition de la sécrétion de la FSH est transitoire du fait de l'existence d'un deuxième pic de FSH à 9-12 jours du cycle (Davies-Morel, 2008).

II.4.3.3. Inhibine

L'inhibine est une hormone peptidique produite par le follicule dominant ; elle inhibe la production de la FSH en exerçant un feedback négatif sur la réponse de l'antéhypophyse à la GnRH. Cela va contribuer à la croissance d'un seul follicule dominant LH dépendant, ainsi que l'atrésie du reste du pool folliculaire (Davies-Morel, 2008).

II.4.4. Prostaglandines

En l'absence de gestation, la régression du corps jaune est contrôlée par la libération des PGF2 α secrétées par l'endomètre utérin. Cette lutéolyse se produit du 14^{ème} au 17^{ème} jour du dioestrus et se traduit par une diminution de l'apport sanguin, une infiltration leucocytaire, une rupture cellulaire et une perte de la capacité de synthèse de la lutéine par des mécanismes apoptotiques ou non apoptotiques, afin d'assurer la régression du corps jaune (Davies-Morel, 2008 ; Satué et Gardón, 2013).

II.5. Dynamique folliculaire au cours du cycle

Le développement folliculaire ovarien est un processus dynamique complexe, caractérisé par une prolifération et une différenciation marquées des cellules folliculaires, créant ainsi un environnement optimal pour la maturation des ovocytes et leur préparation à la fécondation après l'ovulation (Satué et Gardón, 2013).

La croissance folliculaire consiste au développement de l'un des follicules de 5mm recrutés vers un follicule capable d'ovuler. Au cours du cycle œstral, la croissance folliculaire se fait en vagues qui comprennent les phases suivantes :

- **Recrutement** : c'est l'émergence d'un groupe de 5 à 10 follicules primordiaux de 4 à 6 mm de diamètre.
- **Sélection** : durant cette phase, les follicules recrutés augmentent de taille avec une vitesse de croissance de 2 à 4 mm par jour jusqu'à ce qu'un follicule sélectionné atteigne la taille de 20 à 25 mm.
- **Dominance** : seulement un ou deux follicules sélectionnés continuent leur croissance et évoluent en follicules dominants. Les autres follicules subissent l'atrésie sous l'effet de l'inhibine qui exerce un feedback négatif sur la synthèse de FSH et les œstrogènes sécrétés par le follicule dominant. Le follicule dominant continue sa croissance pour atteindre une taille d'environ 35mm au stade préovulatoire pour ovuler sous l'effet de la LH (Brinsko *et al.*, 2011). La taille du follicule dominant avant l'ovulation varie au cours de la saison et en fonction de la race (Davies-Morel, 2008 ; Samper, 2009). En moyenne, les follicules ovulent à un diamètre compris entre 40 et 50 mm (Abad et Rigaud, 2019).

Chez la jument, il existe deux types de vagues folliculaires : les vagues mineures et les vagues majeures avec certaines particularités pour chaque type de vague folliculaire (Satué et Gardon, 2013). Ces vagues sont caractérisées par :

- **Vague folliculaire mineure** : la croissance des follicules recrutés n'aboutit pas à la formation de follicule dominant et par conséquent à l'ovulation. Tous les follicules recrutés de la vague mineure s'atrésient.
- **Vague folliculaire majeure** : elle coïncide avec un environnement hormonal adéquat et aboutit au développement d'un follicule dominant parmi les follicules sélectionnés de la vague majeure. Le follicule dominant croît et peut atteindre une taille ≥ 30 mm. On distingue deux types selon le moment de leur apparition au cours du cycle œstral et qui sont :
 - **Vague folliculaire majeure primaire** : elle débute vers le milieu du dioestrus, dans laquelle le follicule dominant ovule à la fin ou près de la fin de l'œstrus.
 - **Vague folliculaire majeure secondaire** : elle émerge à la fin de l'œstrus ou au début du dioestrus. Elle se déroule au cours du dioestrus et peut aboutir à une ovulation diœstrale même en présence d'une imprégnation progestéronique. Cette ovulation n'est pas accompagnée de signes cliniques d'œstrus mais par la formation potentielle d'un deuxième corps jaune qui pourrait occasionnellement persister (Brinsko *et al.*, 2011 ; Allard *et al.*, 2019).

Cette cinétique folliculaire a lieu pendant toutes les périodes de la vie de la jument pubère (Samper, 2009).

Le mécanisme de contrôle de la vague de croissance folliculaire se déroule comme suit : au début de la vague folliculaire, le recrutement d'un pool de petits follicules se fait sous l'influence d'un pic de sécrétion de FSH. Cette dernière stimule la croissance des petits follicules jusqu'à l'apparition après sélection d'un follicule dominant. Les œstrogènes et l'inhibine sécrétés par ce dernier, exercent un feedback négatif sur la production de FSH, ce qui va provoquer la régression et l'atrésie des autres follicules. Cependant, la production importante des œstrogènes par le follicule dominant associée à une baisse de la progestérone produite par le corps jaune en régression (lutéolyse), induit une augmentation de la concentration de la LH, responsable de la croissance finale du follicule dominant et l'ovulation, malgré une concentration basse en FSH (Samper, 2009 ; Allard *et al.*, 2019).

CHAPITRE III. DETECTION DES CHALEURS ET MISE A LA REPRODUCTION

III.1. Méthodes de détection des chaleurs

La jument ne peut être fécondée que pendant environ 24 heures avant l'ovulation et, parfois, quelques heures après celle-ci. D'autre part, certaines juments ont des chaleurs très discrètes tout en ayant une ovulation normale alors que d'autres juments, surtout en début de saison, vont avoir des chaleurs normales mais sans ovulation. Pour cela, différents éléments sont évalués pour réaliser une bonne détection des chaleurs (Brinsko *et al.*, 2011).

III.1.1. Appréciation du comportement de la jument

La méthode de détection des chaleurs la plus utilisée chez la jument est l'épreuve à la barre. Elle consiste à placer la jument derrière un bas flanc, avec un étalon souffleur de l'autre côté. L'étalon s'approche de la jument et la flaire de la tête à la queue. A son contact, la jument présentera des signes d'acceptation (Figure 11a) ou des signes de refus (Figure 11b) (Allard *et al.*, 2019).

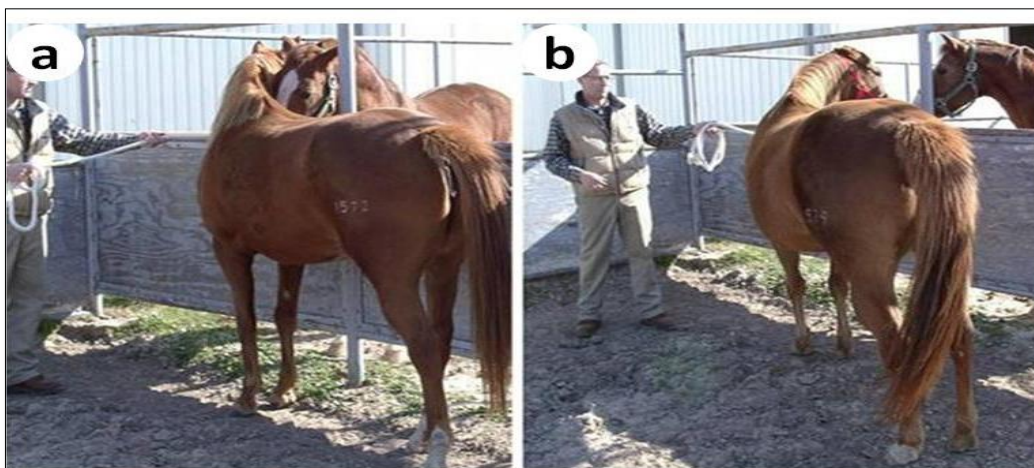


Figure 11 : Photographies de jument à l'épreuve de la barre. (a) : jument avec des signes d'acceptation (b) avec des signes de refus (Adaptée de : Brinsko *et al.*, 2011)

La jument en dioestrus refuse l'étalon et manifeste des signes de nervosité voire d'agressivité (Figure 11b), retourne et baisse les oreilles, tente de mordre, donne des ruades et des coups de tête (Brinsko *et al.*, 2011 ; Angelk, 2013). Par contre, la jument en œstrus montre tous les signes d'acceptation du mâle. Elle lève la queue ou la dévie de côté, se campe, cligne de la vulve et extériorise le clitoris, urine fréquemment par petits jets (Figure 12).

Pour détecter et suivre ces périodes, il faut passer les juments à la barre tous les 2 jours (Brinsko *et al.*, 2011 ; Angelk, 2013).



Figure 12 : Photographie représentant la turgescence de la vulve chez une jument en œstrus (Angelk, 2013)

Chez les juments, les signes cliniques d'œstrus peuvent être variables d'une jument à une autre et pour une même jument d'un cycle à un autre. Chez les femelles à chaleurs discrètes, il est conseillé d'associer cette technique à un examen échographique de l'appareil génital et/ou un examen du col utérin par un speculum (Allard *et al.*, 2019).

III.1.2. Examen visuel de la vulve

A l'œstrus, la muqueuse vulvaire est congestionnée et flasque. Un écoulement de glaire apparaît sous forme de courts filets à la commissure de la vulve voire sur la face interne des cuisses. En phase lutéale, la muqueuse vulvaire est pâle et sèche (England, 2005 ; Satué et Gardón, 2013).

III.1.3. Examen du vagin et du col utérin au speculum

Au cours de l'œstrus, le col utérin reposant sur le plancher vaginal, est flasque, congestionné, humide et ouvert sur environ 4 cm. Cette relaxation est due aux œstrogènes et est maximale 24 à 48 heures avant l'ovulation. En revanche, pendant le dioestrus et sous l'effet de la P4, le col utérin est en position centrale, pâle et fermé (Satué et Gardón, 2013).

III.1.4. Examen génital par palpation transrectale

La palpation transrectale permet d'apprécier la taille et la consistance ainsi que la position des différentes structures anatomiques de l'appareil génital. Pendant l'œstrus, le degré de relaxation de l'utérus et du col est maximal. On peut mettre en évidence par palpation la présence des follicules ovulatoires de plus de 35 mm, fluctuants et mous normalement chez une jument en chaleur (Giedt et Hiney, 2019). La palpation du corps jaune ne peut se faire par palpation transrectale (Brinsko *et al.*, 2011).

III.1.5. Examen génital par échographie transrectale

Durant l'œstrus, l'examen échographique ovarien révèle la présence sur l'ovaire d'un follicule d'un diamètre supérieur à 35 mm (Figure 13), de forme ovale renfermant un liquide folliculaire d'échogénicité anéchogène, signe précurseur d'une ovulation éminente (Giedt et Hiney, 2019).

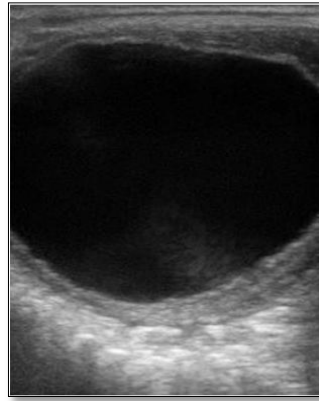


Figure 13 : Image échographique d'un follicule pré ovulatoire chez la jument (Abad et Rigaud, 2019)

L'image échographique de l'utérus en phase œstrale est caractéristique et présente une alternance de zones hyperéchogènes entrelacées avec des zones anéchogènes ressemblant à une tranche d'orange ou une roue de charrue (Figure 14). Les parties hyperéchogènes correspondent à l'importante densité tissulaire due aux replis endométriaux, alors que les zones infiltrées apparaissent anéchogènes. Le col a une échogénicité tissulaire équivalente à celle des organes adjacents, ce qui le rend difficilement discernable (Abad et Rigaud, 2019).



Figure 14 : Image échographique d'un utérus en œstrus «en tranche d'orange» chez la jument (Abad et Rigaud, 2019)

Les principales variations d'ordres comportementaux et anatomiques observées au cours de l'œstrus et du dioestrus chez la jument sont résumées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Variations comportementales et anatomiques observées avec différentes méthodes d'examen au cours de l'oestrus et du dioestrus chez la jument (Brinsko *et al.*, 2011)

Méthodes d'évaluation	Phases du cycle œstral	
	Œstrus	Dioestrus
Signes comportementaux	<ul style="list-style-type: none"> - Élévation de la queue - Position campée - Jets d'urine - Clignement de la vulve 	<ul style="list-style-type: none"> - Ruades - Couinements - Tente de mordre l'étalon - Fouaillements de la queue
Examen des ovaires	<ul style="list-style-type: none"> - Gros follicule de taille supérieur à 25 mm. - Pas de corps jaune 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence d'un corps jaune
Examen de l'utérus	<ul style="list-style-type: none"> - Détendu avec une texture douce - Plis endométriaux oedematiés visibles à l'échographie 	<ul style="list-style-type: none"> - Texture ferme - Échogénicité uniforme à l'échographie
Examen du col utérin	<ul style="list-style-type: none"> - Texture flasque - Rose et tombant sur le plancher vaginal, visualisé au spéculum - Lumière ouverte 1 à 3 doigts à l'examen digital 	<ul style="list-style-type: none"> - Texture ferme - Pâle, sec et situé au centre du vagin crânien, visualisé au spéculum - Lumière fermée à l'examen digital

III.2. Prédiction de l'ovulation

Le moment de saillie ou d'insémination artificielle de la jument dépend généralement d'une prédiction précise de l'ovulation. La majorité des facteurs utilisés pour prédire l'ovulation sont basés sur des événements physiologiques normaux qui n'ont pas reçu d'agent d'induction de l'ovulation (Brinsko *et al.*, 2011).

A l'examen échographique, les principaux critères de prédiction de l'ovulation sont les suivants :

- **Mode de croissance du follicule** : Généralement, le diamètre du follicule dominant croît de 3 à 5 mm par jour et parfois jusqu'à 10 mm par jour du début jusqu'au milieu de l'œstrus. Une fois qu'il atteint son diamètre maximal, le follicule se maintient approximativement avec la même taille pendant 2 ou 3 jours avant l'ovulation (McCue, 2019a).
- **Diamètre du follicule** : le diamètre maximal du follicule préovulatoire à l'ovulation varie en fonction de la taille de la race. Les juments de petite taille présentent un follicule à l'ovulation d'un diamètre plus petit que les juments de grande taille. Par conséquent, la connaissance de la race et du diamètre du follicule à l'ovulation peut être utilisée pour prédire le moment d'ovulation (Allard *et al.*, 2019 ; McCue, 2019a).
- **Forme du follicule** : A l'échographie, le follicule dominant en croissance présente une forme sphérique ou ovale pendant presque toute la phase œstrale. Quelques heures avant ovulation, le follicule change de forme et devient conique ou en forme de poire (Brinsko *et al.*, 2011 ; McCue, 2019a).
- **Épaisseur de la paroi folliculaire** : Durant la première moitié de la phase de l'œstrus, le follicule dominant présente une paroi folliculaire fine à l'échographie. A la fin de l'œstrus, la maturation finale du follicule préovulatoire est associée à une augmentation de l'épaisseur de la paroi folliculaire résultant d'une augmentation de la vascularisation autour du follicule et à la lutéinisation préovulatoire des cellules de la granulosa. Par conséquent, la présence d'une paroi folliculaire épaisse associée à une perte de la forme sphérique sont des signes majeurs d'une ovulation imminente (McCue, 2019a).
- **Mise en évidence de l'ovulation** : L'examen échographique est un moyen fiable de mise en évidence de l'ovulation qui se traduit par la disparition du follicule préovulatoire présent sur l'ovaire à l'examen échographique précédant (McCue, 2019a).

III.3. Méthodes de mises à la reproduction

La durée de gestation chez la jument est de 11 mois. Il existe plusieurs techniques de mise à la reproduction pour rendre la jument gravide. Leur utilisation est toujours conditionnée par la disponibilité de l'étalon souhaité lors de la saillie naturelle, de la semence disponible et du matériel nécessaire selon le type de biotechnologie liée à la reproduction utilisée (Insémination artificielle et transfert embryonnaire). Du point de vue réglementaire, c'est le stud-book de chaque race qui définit dans son règlement les techniques de montes autorisées (Vignaud et Margat, 2017).

III.3.1. Monte naturelle

Il existe deux types de monte naturelle, la monte en liberté et la monte en main.

III.3.1.1. Monte en liberté

La monte en liberté est le fait de laisser s'accoupler les juments et l'étalon sans l'intervention de l'homme. Cette technique de reproduction se pratique essentiellement en plein air où les juments du troupeau sont accompagnées d'un étalon pendant la saison de monte voir toute l'année. Cette pratique nécessite des qualités d'observation, des compétences particulières en termes de conduite de troupeau et de gestion des pâtures. Avec une bonne gestion du troupeau, le taux de fertilité des juments en fin de saison est proche de 80 à 90%. Pour suivre les dates de détection des chaleurs et de saillie des juments, l'étalon peut être équipé d'un harnais marqueur dont la couleur du crayon doit être changée tous les deux jours. Par conséquent, grâce au marquage laissé sur la croupe des juments à chaque chevauchement, il est possible de connaître les dates des chaleurs et de dresser un planning de monte pour chaque jument (Houghton *et al.*, 2003 ; Margat *et al.*, 2017a).

III.3.1.2. Monte en main

La monte en main nécessite une équipe d'étalonniers pour assurer le bon déroulement de la procédure. La saillie doit se faire dans un endroit sans obstacles et sur un sol non glissant. La jument est équipée de bottes de protection et d'entraves posés sur les membres postérieures destinés à bloquer les éventuels coups de pied (Figure 15) (Houghton *et al.*, 2003). Lors de la monte en main, la personne à la tête de la jument doit être hors de la portée de l'étalon. Ce dernier est entraîné à réaliser la saillie de la jument (Figure 16) et un membre de l'équipe se charge de vérifier que l'étalon a éjaculé. A la fin de l'accouplement, le pénis de l'étalon est lavé à l'eau tiède (Houghton *et al.*, 2003). Pour un étalon de fertilité normale, chaque jument est saillie tous les 2 jours du début jusqu'à la fin des chaleurs (Margat et Doligez, 2020).



Figure 15 : Bottes de protection chez la jument (Houghton *et al.*, 2003)



Figure 16 : Méthode monte en main d'une jument (Margat et Doligez, 2020)

III.3.2. Insémination artificielle

L'insémination artificielle (IA) est une pratique de reproduction utilisée dans l'espèce équine depuis la fin des années 80. Elle consiste à récolter la semence d'un étalon à l'aide d'un vagin artificiel (Figure 17), de la conditionner en doses et de la déposer ensuite dans l'utérus de la jument en chaleur sans avoir recours à l'étalon (Houghton *et al.*, 2003).



Figure 17 : Vagin artificiel de type Colorado (Margat *et al.*, 2017c)

III.3.2. 1. Avantages et inconvénients de l'insémination artificielle

Les avantages de l'IA sont les suivants (Houghton *et al.*, 2003 ; Margat *et al.*, 2017b) :

- Réduction de la propagation des maladies sexuellement transmissibles.
- Diminution des risques de blessure de la jument et de l'étalon.
- L'IA permet aux étalons ayant des problèmes de comportement d'être utilisés en IA.
- L'IA limite le déplacement des juments.
- La semence congelée permet la conservation du patrimoine génétique de l'étalon et la constitution d'une cryo-banque.

Les inconvénients de l'IA sont les suivants (Houghton *et al.*, 2003 ; Margat *et al.*, 2017b) :

- Réduction du taux de fertilité par rapport à la saillie naturelle.
- Coût de production important.
- L'IA limite la variabilité génétique et peut augmenter les anomalies héréditaires.

III.3.2. 2. Récolte de la semence

La collecte du sperme de l'étalon se fait à l'aide d'un vagin artificiel placé sur la jument ou sur un mannequin construit en dur et très solide pour supporter le poids d'un cheval (Margat *et al.*, 2017b). La semence est immédiatement diluée dans un dilueur spécifique ou dans du lait demi-écrémé contenant un antibiotique. La semence diluée est analysée afin de déterminer sa concentration en spermatozoïdes puis conditionnée en paillettes. Chaque

paillette contient au minimum 200 millions de spermatozoïdes. A chaque récolte de semence, on obtient entre 5 à 40 doses de paillettes d'IA (Margat et Doligez, 2017).

III.3.2. 3. Différents types d'insémination artificielle

Les différents types d'insémination artificielle sont fonction du type de conservation (Margat et Doligez, 2017 ; Suleiman, 2018) :

- **IA immédiate** : immédiatement après la récolte, la semence est mise en place dans l'heure qui suit la récolte sans réfrigération. Parfois, elle est utilisée pure sans dilution.
- **IA réfrigérée utilisée dans les 12 heures** : la semence réfrigérée à +4 °C est utilisée dans la journée.
- **IA réfrigérée utilisée dans les 24 heures** : la semence réfrigérée à +4 °C est utilisée le lendemain de la récolte.
- **IA à semence congelée** : Après récolte la semence, les paillettes de semence sont congelées puis elles sont décongelées juste avant l'IA.

La fertilité par cycle ou par chaleur en fonction du type de monte et d'IA est présentée dans le tableau 2.

Tableau 2 : Fertilité par cycle en fonction du type de reproduction (Vignaud et Margat, 2017)

Types de reproduction	Fertilité par cycle (%)
Monte en liberté	60 -70
Monte en main	61
IAI	58
IART 12 heures	54
IART 24 heures	46
IAC	47
Transfert embryonnaire (selon le type de monte)	25-40

IAC : Insémination Artificielle avec sperme Conjoint ; **IAI** : Insémination Artificielle Immédiate ; **IART** : Insémination Artificielle Réfrigérée Transportée

III.3.3. Transfert embryonnaire

Il est possible d'obtenir des gestations par transfert d'embryons issus de juments de haute valeur génétique et des juments au cours de leur carrière sportive. Les embryons récoltés sont implantés chez des juments receveuses. La jument donneuse superovulée est inséminée (Lagneaux et Duchamp, 1999). La collecte est généralement réalisée 7 jours après l'ovulation

par la technique de flush. Le liquide de collecte est filtré et examiné pour rechercher les embryons. Chaque embryon récolté est transféré par voie cervicale chez une jument dite receveuse ou porteuse déjà préparée. Cette dernière assurera le développement du fœtus, la mise-bas et l'élevage du poulain jusqu'au sevrage (Caillaud et Doligez, 2019).

Les résultats techniques obtenus sur le terrain (Caillaud et Doligez, 2019) montrent que :

- Le taux d'embryon par récolte varie entre 30 à 60%. Les meilleurs taux sont observés chez les jeunes juments inséminées avec de la semence fraîche par rapport à la semence congelée.
- Le taux de gestation à 14 jours par embryon transféré varie entre 65 à 85%. Ce taux dépend de l'état physiologique et de la conformation de la receveuse (état du col de l'utérus) mais dépend aussi du niveau d'expérience de l'opérateur.
- Le taux de gestation à 45 jours par embryon transféré varie de 50 à 75%. Ce taux est lié à la capacité de l'utérus de la jument receveuse à assurer les différentes étapes du développement du fœtus.

CHAPITRE IV. MAITRISE DU CYCLE ŒSTRAL ET INDUCTION DE L'OVULATION CHEZ LA JUMENT

IV.1. Traitement d'avancement de la saison de reproduction

L'existence d'une saison de reproduction arbitraire, qui ne correspond pas à la saison naturelle, est un facteur limitant de la reproduction chez les juments. La manipulation du cycle de reproduction de la jument est nécessaire pour avancer le moment de l'œstrus et de l'ovulation afin de s'adapter à ces limites artificielles. Il existe plusieurs moyens par lesquels la saison de reproduction chez la jument peut être avancée. Ceux-ci incluent l'utilisation de la luminothérapie et de l'hormonothérapie (Davies-Morel, 2008).

IV.1.1. Traitement lumineux

L'allongement artificiel de la photopériode contribue avec succès à l'avancement de la saison de reproduction, en modifiant la perception de la durée du jour par la jument (Giedt et Hiney, 2019).

Le traitement lumineux consistera à accroître artificiellement la durée du jour en hiver pour imiter l'éclairement du printemps afin d'avancer la date des premières chaleurs suivi d'une ovulation, en inhibant la sécrétion de mélatonine et son effet négatif sur la production de GnRH. Ce traitement offre une ou deux chances de fécondation en plus chez la jument (Doligez et Guillaume, 2005).

Il existe plusieurs programmes d'éclairage utilisés mais les meilleurs résultats sont obtenus lorsque la lumière supplémentaire est soit ajoutée à la fin de la journée, soit répartie et ajoutée à la fois au début et à la fin de la journée (Brinsko *et al.*, 2011). Le programme de gestion de la lumière le plus simple consiste à utiliser un éclairage en fin de journée pour prolonger la durée du jour perçue à 16 heures. Cette pratique consiste à allumer une source de lumière artificielle 30 minutes avant le coucher du soleil. La source lumineuse doit être allumée pour fournir suffisamment de lumière supplémentaire pour produire un total de 16 heures de lumière par jour. L'intensité lumineuse doit être de 200 watts à l'intérieur du box (Giedt et Hiney, 2019). Des intensités lumineuses faibles ne sont pas efficaces pour stimuler les réponses ovariennes (Brinsko *et al.*, 2011).

La première ovulation survient en générale 60 à 90 jours après application du traitement lumineux. Par conséquent, si des ovulations sont souhaitées à partir de février, les juments doivent être soumises à un traitement lumineux avant le 15 décembre (Figure 18) (Giedt et Hiney, 2019).

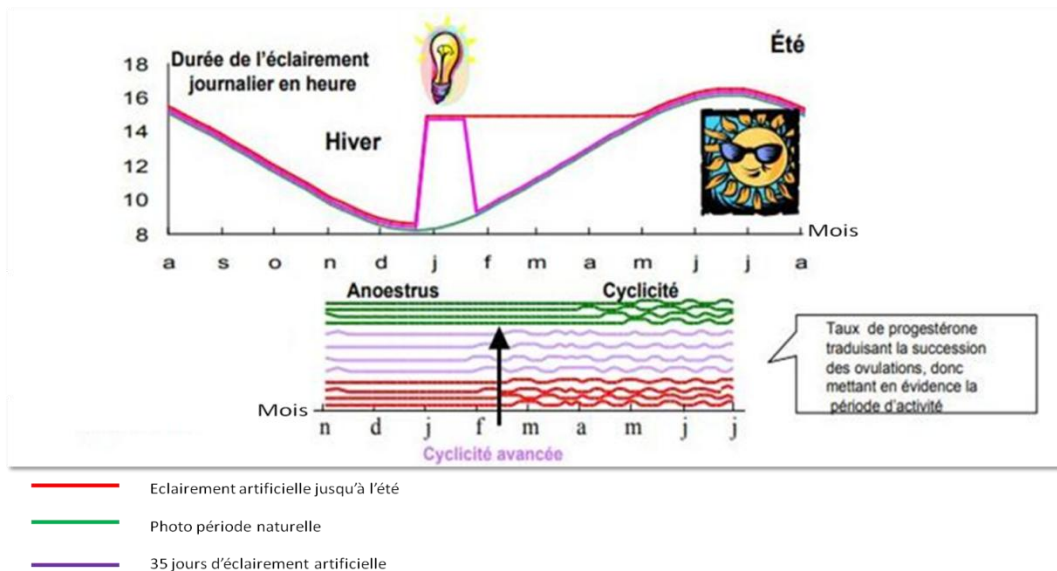


Figure 18 : Représentation schématique de l'effet de l'augmentation de la durée d'éclairement sur l'activité ovarienne (Adaptée de : Doligez et Guillaume, 2005)

Récemment, un nouveau protocole de traitement lumineux a été mis en place. Il est basé sur l'utilisation de masque générant une lumière bleue, d'une longueur d'onde de 468 nm et d'une intensité lumineuse de 10 lux perçue sur l'un des deux yeux (Figure 19). Ces masques peuvent être programmés pour s'allumer à 16 heures et s'éteindre à 23 heures. L'utilisation de ces masques à partir du 1^{er} décembre est aussi efficace que le protocole classique d'application d'un traitement lumineux. Ce type de traitement permet aux juments de rester au pré et il ne nécessite pas l'installation de lumières et de minuteurs dans les écuries (Allard *et al.*, 2019 ; McCue, 2019b).



Figure 19 : Photographie représentant le masque à lumière bleue (Equideos, 2022)

IV.1.2. Traitements hormonaux

L'hormonothérapie est utilisée pour faire avancer la première ovulation de l'année chez les juments en anoestrus saisonnier. Les stratégies les plus efficaces utilisent les deux types de

FSH, folliculo-stimulante équine naturelle (eFSH) ou recombinante (reFSH) ou de faibles doses d'un agoniste de la GnRH (Tableau 3). L'administration de eFSH ou de reFSH stimule favorablement le développement folliculaire chez les juments en anœstrus saisonnier (Meyers-Brown *et al.*, 2013 ; McCue, 2016).

Une alternative consiste à administrer deux fois par jour une faible dose (10 à 125 mg) d'un agoniste de la GnRH tel que la desloréline ou la buséreléline. Les juments en transition printanière avec des follicules d'un diamètre ≥ 25 mm sont plus susceptibles de répondre au traitement que celles en anoestrus profond avec des follicules de diamètre < 20 mm (McCue, 2014). En général, le développement folliculaire est évident dans les 3 à 5 jours suivants le début du traitement.

Tableau 3 : Posologie des hormones utilisées en intra-musculaire dans le traitement d'avancement de la saison de reproduction (McCue, 2016)

Hormones	Dosage	Fréquence
Buséreléline	10-50 μ g	Chaque 6 à 12 h
Désloréline	10-50 μ g	Chaque 6 à 12 h
eFSH	12,5 mg	Chaque 12 h
reFSH	0,65 mg	Chaque 12 h

L'administration de P4 ou de progestagènes pendant l'anoestrus saisonnier profond ne stimule pas le développement folliculaire (McCue *et al.*, 2007). Cependant, un traitement à la P4 vers la fin de la transition printanière peut avancer la survenue de la première ovulation de l'année. Les protocoles courants consistent en l'administration de 0,044 mg/kg d'Altérnogest une fois par jour pendant 14 à 18 jours ou l'administration d'une combinaison de P4 (150 mg) et d'œstradiol (10 mg) une fois par jour pendant 10 jours, avec administration d'une dose de prostaglandines le dernier jour traitement (Taylor *et al.*, 1982).

IV.1.3. Antagonistes de la dopamine

L'administration des antagonistes de la dopamine (dompéridone ou sulpiride) augmente la concentration plasmatique en prolactine, qui agit sur l'ovaire et stimule l'expression des récepteurs à la LH et FSH. La concentration en LH et FSH n'augmente pas, mais la jument devient plus sensible à ces deux hormones, ce qui stimule le développement folliculaire. Ce traitement fonctionne sur les juments en transition printanière mais il a des résultats variables sur celles en anoestrus. L'effet peut être potentialisé par l'administration d'œstradiol (McCue, 2019b).

IV.2. Traitements d'induction de l'ovulation

Les traitements d'induction de l'ovulation sont largement utilisés chez les juments à cause de l'allongement de la durée de l'œstrus et de sa variabilité chez une grande part de juments (Puderbaugh et Riese, 1983). Ces traitements sont d'intérêt crucial pour la gestion de la reproduction afin de limiter le nombre de saillies ou d'inséminations à effectuer et pour l'amélioration de l'efficacité de la reproduction (Najjar *et al.*, 2018 ; Salter et Pycock, 2020). Chez les juments cyclées, l'induction de l'ovulation est appliquée en présence d'un follicule préovulatoire de taille supérieure à 35 mm et par la présence d'un œdème endométrial déterminé par échographie. Plusieurs hormones tels que la LH équine recombinante, la gonadotrophine chorionique humaine (hCG), les gonadotrophines (LH et FSH), les agonistes de la GnRH et les extraits hypophysaires équins ont été testés pour leur efficacité à induire l'ovulation chez la jument (Puderbaugh et Riese, 1983 ; McCue, 2016).

IV.2.1. Gonadotrophine chorionique humaine

La hCG est une glycoprotéine produite par le cytotrophoblaste des villosités choriales du placenta humain et apparaît dans les urines des femmes enceintes quelques semaines après la conception (Bradecamp, 2007). Commercialisée sous le nom de Chorulon® (Intervet), elle a principalement une activité de type lutéinisante. La hCG est couramment utilisée pour induire l'ovulation chez les juments cyclées. Administrée par voie intraveineuse ou intramusculaire à la dose de 1 500 à 3 000 UI à des juments avec un follicule de 35 mm de diamètre, ou après le deuxième jour d'œstrus, elle provoque l'ovulation dans les 48 heures (Yoon, 2012). L'inconvénient de la hCG est que lors d'une utilisation répétée, il y a un risque de production d'anticorps anti-hCG associée à une réduction de l'efficacité de l'induction de l'ovulation qui diminue de manière significative avec l'augmentation de l'âge de la jument, ce qui la rend peu fiable pour une utilisation chez les juments âgées (McCue *et al.*, 2004).

IV.2.2. Gonadotrophine releasing hormone

La GnRH native ou ses analogues peuvent être utilisés comme agents ovulatoires car ils stimulent la sécrétion de LH, principal déclencheur de l'ovulation. Leur administration nécessite un suivi échographique ovarien de la croissance du follicule préovulatoire. Les principaux agonistes de synthèse de la GnRH utilisés sont représentés par la Buséreline (Réceptal®) et la Desloréline (Ovuplant®). Les protocoles d'administration et la réponse au traitement de ces 2 agonistes de la GnRH sont présentés dans le tableau 4 (Samper *et al.*, 2007).

Tableau 4 : Réponse aux traitements d'induction de l'ovulation à base de Buséreléline (Barrier-Battut *et al.*, 2001) ou de Désloréline (Samper *et al.*, 2007) chez les juments

Critères	Buséreléline	Désloréline
Dose et mode d'administration	4 injections de 20 µg par voie intraveineuse à 12 heures d'intervalle	Implant à 2,1 mg inséré en sous-cutanée
Réponse au traitement	90 % d'ovulations dans les 48 heures après la première injection	Jusqu'à 95 % des juments ovulent dans les 36 à 48 heures

IV.2.3. LH recombinante équine

La LH équine recombinante (reLH) est utilisée avec succès dans l'induction de l'ovulation. L'administration de 0,9 ou de 0,75 mg de reLH induit l'ovulation dans les 48 heures respectivement chez 80 et 90 % juments traitées ayant un follicule de 35 mm de diamètre (Yoon, 2012). La reLH est un agent ovulatoire fiable et efficace, qui ne modifie pas de manière significative les profils hormonaux endogènes et n'affecte pas la durée de l'intervalle inter-ovulatoire (Yoon *et al.*, 2007).

IV.2.4. Extraits hypophysaires équins

L'extrait hypophysaire équin contient de la FSH et de la LH et peut être utilisé comme agent de contrôle des cycles œstraux chez les juments. L'injection de 60 mg d'extrait hypophysaire équin par voie intraveineuse (IV) ou sous cutanée (SC), réalisée lorsque le follicule préovulatoire atteint 35 mm, permet d'obtenir une ovulation dans les 24 à 48 heures post-traitement chez 86 % des juments traitées (Duchamp *et al.*, 1987). Les inconvénients d'utilisation de ces préparations sont la variabilité du rapport FSH/LH et sa possible contamination par d'autres hormones de l'hypophyse qui peut faire varier les résultats de son utilisation (Yoon, 2012).

IV.3. Traitements de synchronisation des chaleurs chez les juments

Il existe de nombreuses raisons qui incitent à manipuler le moment de l'œstrus principalement pour la gestion de la reproduction des juments. Au niveau des haras où les juments sont élevées en grand nombre, la manipulation doit être réduite au minimum. L'idéal serait que les juments puissent toutes être traitées par lot, de la saillie ou IA à la naissance et à l'élevage du poulain. Pour ce faire, une méthode fiable et exacte de synchronisation de l'œstrus

et de l'ovulation est nécessaire. Ce type de traitement permet de déterminer le moment de l'œstrus et de l'ovulation d'une jument pour faciliter sa gestion en reproduction, en limitant le nombre d'IA ou de saillies afin d'éviter les éventuelles transmissions de maladies vénériennes et de contaminations bactériennes (Davies-Morel, 2008).

Les principes d'utilisation des traitements hormonaux utilisés pour synchroniser et induire l'œstrus sont les suivants (Davies-Morel, 2008):

- Blocage du retour normal de l'œstrus et de l'ovulation par l'utilisation de la P4 ou des progestagènes ;
- Raccourcissement de la phase lutéale par l'utilisation d'agents lutéolytiques ;
- Combinaison des différents principes.

IV.3.1. Traitements à base de prostaglandines

Les PGF_{2α} et ses analogues de synthèse ont été largement étudiés depuis leur découverte en 1970, comme de puissants agents lutéolytiques. Les analogues de synthèse (Cloprosténol, Luprostiol, Alfaprostol et Dinoprost) utilisés ont une activité lutéolytique plus importante que la molécule naturelle. La dose recommandée des différents agents lutéolytiques de synthèse est présentée dans le tableau 5 (McCue, 2016). Les PG ne sont actives que sur des corps jaunes fonctionnels et ne peuvent être utilisées que chez les juments cyclées en saison de reproduction pour induire et/ou synchroniser les chaleurs (Malinowski, 2003).

Tableau 5 : Posologie d'utilisation et voie d'administration des prostaglandines (McCue, 2016)

Hormones	Nom déposé	Dose	Voie d'administration
Dinoprost tromethamine	Enzaprost [®]	10 mg	IM
Cloprostenol	Estrumate [®]	250 µg	IM
Luprostiol	Prosolvine [®]	7,5 mg	IM
Alfaprostol	Alfabedyl [®]	3 mg	IM

IM : intra-musculaire

Les PG administrées à des juments portant un corps jaune mature entre le 5^{ème} et le 15^{ème} jour du cycle, provoquent une régression du corps jaune et une chute de la progestéronémie. Par la suite, l'augmentation des quantités de gonadotropines sécrétées par l'hypophyse stimule la croissance folliculaire et l'apparition des chaleurs. Par contre, les PG

n'ont aucun effet sur un corps jaune immature âgé de moins de 5 jours (Davies Morel, 2008 ; McCue, 2021).

Il y a 2 types de protocoles de traitement utilisant seulement les PG :

- **Traitement à une seule injection**

Dans le protocole à une seule injection de PG, la réponse œstrale des juments est très variable, elle dépend du stade du cycle sexuel et de la taille du follicule dominant au moment de l'administration des PG. Par conséquent, ce type de traitement nécessite la détermination du stade du cycle avant l'injection de PG, ce qui est contraignant pour traiter un groupe de juments. L'intervalle PG-ovulation est très variable. Les ovulations surviennent 24 heures à 12 jours après injection de PG (Davies-Morel, 2008).

- **Traitement à deux injections**

Pour synchroniser les chaleurs des juments qui sont à différents stades du cycle œstral, le traitement nécessite 2 injections de PG à 14 jours d'intervalle. Après la dernière administration de PG, 92% des juments sont en œstrus dans les 6 jours et ovulent entre le 2^{ème} et 12^{ème} jour. Pour ce type de traitement, la synchronisation de l'œstrus et le moment de l'ovulation sont néanmoins très variables (Davies-Morel, 2008).

- **Traitements à base de prostaglandines – GnRH / hCG**

Le protocole à 2 injections de PG peut être amélioré par une adjonction d'un traitement d'induction de l'ovulation à base de hCG ou de GnRH qui permettra de synchroniser l'œstrus et d'induire l'ovulation (Davies Morel, 2008). Plusieurs fréquences et moments d'injection d'hCG ont été préconisés en utilisant une dose unique.

- **Protocole à une seule injection** : l'hCG est administrée entre le 4^{ème} et 6^{ème} jour après la 2^{ème} injection de PG. La majorité des juments (75,8 %) ovulent dans les 72 heures après administration de l'hCG réalisée 6 jours après la 2^{ème} injection de PG.

- **Protocole à 2 injections** : l'hCG est administrée 7 jours après chaque injection de PG. L'objectif recherché est d'induire la formation d'un corps jaune mature dès la première injection de PG qui sera sensible à la 2^{ème} injection de PG. La majorité des juments traitées (95 %) ovulent dans les 48 heures après la dernière injection d'hCG et présentent un taux de fertilité de 70 % après saillie (Mahal *et al.*, 2020). Pour réduire les risques de formation d'anticorps anti-hCG, l'hCG peut être remplacée par la GnRH ou ses agonistes de synthèse (Davies-Morel, 2008).

IV.3.2. Traitements à base de progestérone

La P4 naturelle et les progestagènes sont utilisés pour les traitements de synchronisation des chaleurs des juments en saison de reproduction ou pour avancer la saison de reproduction. L'administration de P4 ou de l'un de ces analogues de synthèse permet de mimer l'action de la P4 produite par le corps jaune au cours de la phase lutéale du cycle sexuel après l'ovulation. Par conséquent, elle inhibe la sécrétion de LH par l'antéhypophyse et l'ovulation. L'arrêt du traitement, lève l'inhibition progestéronique et induit l'apparition de l'œstrus et l'ovulation (Davies-Morel, 2008).

La P4 naturelle utilisée peut être administrée par voie intramusculaire ou intra-vaginale. Les dispositifs de P4 insérés par voie vaginale sont représentés par le PRID (Progesterone Releasing Intra-vaginal Device) et le CIDR (Controlled Intravaginal Drug Release) conçus à l'origine pour être utilisés chez les bovins et le Cue-Mare dispositif spécialement conçu pour être utilisé chez les juments. La P4 de synthèse la plus utilisée est l'Altrenogest (Regumate®) qui est administré par voie orale sous forme de solution huileuse à la dose de 0,044 mg/kg/jour (McCue, 2021).

- **Traitement à base de progestérone seule**

Le protocole de traitement consiste en une administration de la P4 ou un analogue de synthèse pour une durée de 15 jours. La réponse œstrale au traitement apparaît entre 3 à 7 jours et l'ovulation entre 5 à 15 jours après arrêt de l'imprégnation progestéronique. Les taux de fertilité sont comparables à ceux associés à l'œstrus naturel (Davies-Morel, 2008). L'utilisation de la P4 sous forme de PRID ou de CIDR pour une longue durée augmente les risques d'endométrites. Par conséquent, l'adjonction d'une injection de PG permettra de réduire la durée du traitement et de limiter les risques d'endométrites (Davies-Morel, 2008).

- **Traitement à base de progestérone et de prostaglandines**

Le traitement de synchronisation des chaleurs des juments cyclés, combinant progestagènes et PG, vise à améliorer le moment de l'ovulation et à réduire la durée du traitement. Le protocole de traitement consiste à une imprégnation progestéronique d'une durée de 7 à 10 jours associée à une injection de PG au retrait du traitement (P4 ou progestagène). La réponse œstrale au traitement chez 80 % des juments traitées apparaît entre 3 à 5 jours et l'ovulation entre 8 à 12 jours après arrêt de l'imprégnation progestéronique (Loy *et al.*, 1981 ; Davies-Morel, 2008).

- **Traitement à base de progestérone - œstrogènes - PG**

Pour ce type de traitement, la P4 et le benzoate d'œstradiol sont administrés quotidiennement par voie intramusculaire pendant 10 jours (Figure 20) (Fedorka et Troedsson, 2020), ou bien, par utilisation du dispositif PRID, inséré par la voie intra-vaginale contenant la P4 et une capsule à libération lente de 10 mg de Benzoate d'œstradiol (Ferreira *et al.*, 2015). A la fin du traitement, une injection de PG est réalisée. L'ovulation peut être induite par une injection d'hCG après détection d'un follicule de 35 mm et l'IA réalisée 24 à 36 heures plus tard (Ferreira *et al.*, 2015). Ce traitement s'est avéré plus efficace, 81,3 % de juments traitées ovulent 10 à 12 jours après l'injection de la PGF2 α (Davies-Morel, 2008).

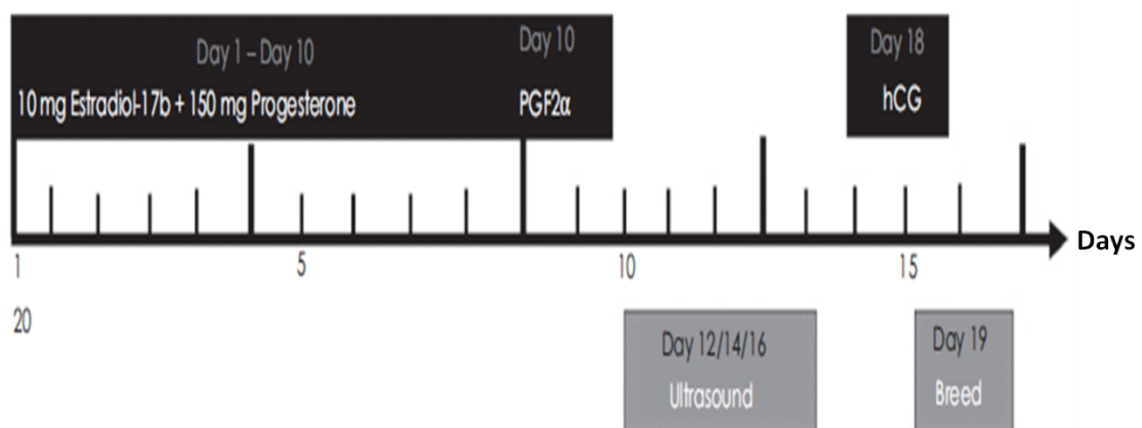


Figure 20 : Protocole standard de traitement de synchronisation des chaleurs à base de P4 - œstrogènes - PG (Adaptée de : Fedorka et Troedsson, 2020)

CONCLUSION

La jument est une espèce unique qui présente plusieurs particularités sur le plan anatomique et physiologique. La saisonnalité du cycle œstral dépendante de la durée d'éclairement et la difficulté de la prédiction du moment de l'ovulation rendent chaque cycle précieux. C'est pour cela, la maîtrise des phénomènes physiologiques liés à la reproduction chez la jument est nécessaire pour accroître les de conceptions dans un élevage.

Le traitement le plus utilisé pour l'avancement de la saison de la reproduction reste le traitement lumineux, en augmentant artificiellement la durée de la perception de la lumière jusqu'à 16 heures, en additionnant de l'éclairage en début et en fin de la journée.

Les traitements hormonaux proposés pour maîtriser le cycle œstral sont des outils utiles pour améliorer la conduite de la reproduction des juments afin de produire un poulain par an et par jument.

La réponse des juments au traitement de synchronisation et d'induction de l'œstrus par usage des prostaglandines est très variable. Parmi les protocoles de traitement à base de progestérone ou de ses analogues de synthèse, le traitement associé à une administration d'œstrogènes et de prostaglandines permet une meilleure synchronisation des chaleurs. L'adjonction d'un agent hormonal d'induction de l'ovulation à ces traitements pour les juments en œstrus permet d'améliorer le taux de synchronisation des ovulations.

En effet, les hormones d'induction de l'ovulation sont couramment utilisées pour faciliter la pratique de l'insémination artificielle et pour la programmer à un moment prédéterminé.

Enfin, le choix du traitement de synchronisation des chaleurs à appliquer chez les juments dépend principalement du stade physiologique des juments, du mode de reproduction et du coût du traitement.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Abad, A., Rigaud, E., 2019. Atlas d'échographie de l'appareil génital de la jument réalisée par voie transrectale. Thèse pour obtenir le grade de Docteur vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, 128p.
2. Alexander, S.L., Irvine, C.H., 1991. Control of onset of breeding season in the mare and its artificial regulation by progesterone treatment. *Journal of Reproduction and Fertility Supplement*, 44, 307-318.
3. Allard, A., Barrier-batut, I., Caillaud, M., Chavatte-palmer, P., Deleuze, S, Goudet, G., Margat, A., Marnay-le-masne, L., Provost, E., 2019. Gestion de la jument: reproduction, gestation, poulinage. 8^{ème} édition. Institut Français du Cheval et de l'Équitation, 236p.
4. Ambroise-thomas, S., 1998. La mélatonine: rôle biologique, intérêt et limites de l'usage thérapeutique. Thèse pour obtenir le grade de Docteur en Pharmacie, Université Joseph Fourier - Grenoble 1, 121p.
5. Angelk, 2013. L'œstrus, ou les chaleurs, chez la jument (cycle et symptômes visibles). Animogen. <http://www.animogen.com/2013/04/04/loestrus-ou-les-chaleurs-chez-la-jument-cycle-et-symptomes-visibles/>, Page consultée le 03/03/2022.
6. Aurich, C., 2011. Reproductive cycles of horses. *Animal Reproduction Science*, Elsevier, 124, 220-228.
7. Barrier-Battut, I., Le Poutre, N., Trocherie, E., Hecht, S., Grandchamp des Raux, A., Nicaisea, J.L., Vérin, X., Bertrand, J., Fiéni, F., Hoier, R., Renault, A., Egron, L., Tainturier, D., Bruyas, J.F., 2001. Use of buserelin to induce ovulation in the cyclic mare. *Theriogenology*, 55 (8), 1679-1695.
8. Bradecamp, E.A., 2007. Chapter 3 : Estrous Synchronization. *In: current therapy in equine reproduction*. Saunders Elsevier, pp. 22-25.
9. Brinsko, S.P., Blanchard, T.L., Varner, D.D., Schumacher, J., Love, C.C., Hinrichs, K., Hartman, K., 2011. *Manual of Equine Reproduction*. 3rd Edition. Mosby Elsevier, 324p.
10. Caillaud, M., Doligez, P., 2019. Le transfert d'embryons chez les équidés. Institut français du cheval et de l'équitation. *Équipédia*, 8p.
11. Charlot-Valdieu, A., 2006. Contribution à l'étude du diagnostic de l'infertilité chez la jument. Thèse pour obtenir le grade de Docteur vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, 238p.

12. Davies-Morel, M.C.G., 2008. *Equine Reproductive Physiology, Breeding and Stud Management*. Third edition. Cambridge University Press, UK, 378p.
13. Doligez, P., Guillaume, D., 2005. Fiche technique reproduction : La mise sous lumière. Librairie des Haras nationaux, 2p.
14. Duchamp, G., Bour, B., Combarous, Y., Palmer, E., 1987. Alternative solutions to hCG induction of ovulation in the mare. *J. Reprod. Fertil. Suppl.*, 35, 221-228.
15. England, G.C.W., 2005. Chapter 4 : Cyclical Changes in the Mare's Reproductive Tract. *In: Fertility and Obstetrics in the Horse*. 3rd edition, Blackwell Publishing, Oxford, UK, pp. 30- 42.
16. Equideos, 2022. <https://www.equideos.com/masque-cashel-equilume.html>, Page consultée le 18/06/2022.
17. Fedorka, C.E., Troedsson, M.H.T., 2020. The use of progestins in equine medicine: A review *Equine Veterinary Education*, 1, 11.
18. Ferreira, J.C., Thompson, D.L. Boof, A., 2015. Progesterone releasing intravaginal device in conjunction with estradiol benzoate induces follicular regression in mares. *ISER, J. Equine Vet. Sci.*, 35, 445.
19. Giedt, E., Hiney, K., 2019. Reproductive Management of the Mare. Oklahoma State University, <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/reproductive-management-of-the-mare.html>, Page consultée le 16/03/2022.
20. Houghton, B.J., Pilliner, S., Davies, Z., 2003. *Horse and Stable Management*. 4th Edition. Blackwell, 440p.
21. Ingwerson, J.A., 2007. Induction of ovulation and LH response in cyclic mares treated with gonadorelin diacetate tetrahydrate. Thesis: for the degree of Master of Science. Iowa State University, USA, 45p.
22. Kainer, R.A., 2011. Chapter 165 : Internal Reproductive Anatomy. *In: Equine Reproduction*. 2nd edition. Wiley-Blackwell, pp. 1582-1597.
23. Lagneaux, D., Duchamp, G., 1999. Le transfert d'embryons chez les équidés. *In: Actualités en reproduction équine*. Equipe Reproduction Equine, INRA-Haras Nationaux, 344-345.
24. Le Masne, L., Doligez, P., 2017. Les besoins de la jument gestante. Institut Français du Cheval et de l'équitation. *Équipédia*, 7p.
25. Löfstedt, R.M., 2011. Chapter 180: Diestrus. *In: Equine Reproduction*. 2nd edition. Wiley-Blackwell, pp. 1728-1731.

26. Loy, R.G., Pemstrein, R., O’Canna, D., Douglas, R.H., 1981. Control of ovulation in cycling mares with ovarian steroids and prostaglandin. *Theriogenology*, 15, 191-200.
27. Mahal, J.S., Amninder, S., Harmeet, S., Sukhwinder, S., 2020. Synchronization of Estrus using Prostaglandins and hCG in Indigenous Mares during Transitional Period. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 9 (05), 241-246.
28. Malinowski, K., 2003. Recent Advances in Reproduction in Horses. The state university of New Jersey. Rutgers cooperative extension, 4p.
29. Margat, A., Doligez, P., 2017. L’insémination artificielle équine. Institut français du Cheval et de l’équitation. *Équipédia*, 5p.
30. Margat, A., Doligez, P., 2020. La monte en main. Institut français du cheval et de l’équitation. *Équipédia*, 5p.
31. Margat, A., Vignaud, L., Vidament, M., 2017a. La monte en liberté. Institut Français du Cheval et de l’équitation. *Équipédia*, 7p.
32. Margat, A., Vidament, M., Ferry, B., 2017c. Entretien du matériel et des équipements pour l’insémination artificielle. Institut français du cheval et de l’équitation. *Équipédia*, 5p.
33. Margat, A., Vidament, M., Ferry, B., Doligez P., 2017b. L’insémination artificielle : mise en place dans la jument. Institut français du cheval et de l’équitation. *Équipédia*, 5p.
34. McCue, P.M., 2014. Management of seasonal anestrous: hormone therapy. *In: Equine reproductive procedures manual*. Wiley-Blackwell, pp. 146-148.
35. McCue, P.M., 2016. Hormone Therapy in Clinical Equine Practice. Equine Reproduction Laboratory, College of Veterinary Medicine and Biomedical Sciences, Colorado State University. Elsevier Inc, 425-434.
36. McCue, P.M., 2019a. Chapter 20: Prediction of Ovulation. *In: Clinical Equine Reproduction (Volume 1) - Anatomy, Physiology, Pathology, and Breeding Management*. 1st edition. Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 325- 336.
37. McCue, P.M., 2019b. Chapter 18: Management of Anestrus and the Transition Period. *In: Clinical Equine Reproduction (Volume 1) - Anatomy, Physiology, Pathology, and Breeding Management*. 1^{ère} édition. Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 292- 298.
38. McCue, P.M., 2021. Hormone Therapy in Cycling Mare. *In: Equine Reproductive Procedures, 2nd Edition*. John Wiley & Sons, pp. 205-209.
39. McCue, P.M., Hudson, J., Bruemmer, J., Squires, E.E., 2004. Efficacy of hCG at inducing ovulation: a new look at an old issue. Proceedings of the 50th annual convention of the American Association of Equine Practitioners, 510-513.

40. McCue, P.M., Logan, N.L., Magee, C., 2007. Management of the transition period: hormone therapy. *Equine Vet. Educ.*, 19, 215-221.
41. McKinnon, A.O., Squires, E.L., Vaala, W.E., Varner, D.D., 2011. *Equine Reproduction*. 2nd edition. Wiley-Blackwell, 3132p.
42. Meyers-Brown, G.A., McCue, P.M., Troedsson, M.H., Klein, C., Zent, W., Ferris, R.A., Lindholm, A.R., Scofield, D.B., Claes, A.N., Morganti, M., Colgin, M.A., Wetzel, R.L., Peters, A.R., Roser, J.F., 2013. Induction of ovulation in seasonally anestrous mares under ambient lights using recombinant equine FSH (reFSH). *Theriogenology*, 80 (5), 456-62.
43. Najjar, A., Blel, A., Ben said, S., Khaldi, S., Benaoun, B., 2018. Control of the estrus cycle and induction of ovulation of Arab mares in natural mate. *Journal of new sciences, Sustainable Livestock Management*, 7(1), 149-154.
44. Palmer, E., 1978. Control of the oestrous cycle of the mare. *Station de Physiologie de la Reproduction I.N.R.A.*, 54, 495-505.
45. Parrish, J.J., 2018. Mare anatomy. University of Wisconsin-Madison, Department of Animal Sciences. http://www.ansci.wisc.edu/jjp1/equine/mare_anat/intro.html, Page consultée, le 2 mars 2022.
46. Puderbaugh, S.K., Riese, R.L., 1983. Exogenous Control of the Estrous Cycle in the Mare. *Iowa State Veterinarian University Digital Repository*, 45(2), 100-104.
47. Salter, S., Pycocock, J., 2020. Inducing timed ovulation in the mare. *Veterinary Ireland Journal* 11, 614-615.
48. Samper, J.C., 2009. Chapter 12 : Uterine edema in the mare. *In: Equine Breeding Management and Artificial Insemination*. 2ème édition. Saunders Elsevier, St. Louis, Missouri, pp. 133-138.
49. Samper, J.C., Pycocock, J.F., Mckinnon, A.O., 2007. *Current therapy in equine reproduction*. Saunders Elsevier, 492p.
50. Satué, K., Gardón, J.C., 2013. A Review of the Estrous Cycle and the Neuroendocrine Mechanisms in the Mare. *Journal of Steroids & Hormonal Science*, 4, 115.
51. Sendel, T., 2010. Fiche technique : Anatomie, physiologie et reproduction de la jument. Imprimeur de la reine pour l'ONTARIO. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/livestock/horses/facts/10-100.htm>, Page consultée le 13/02/2022.
52. Slove, M., 2019. Les 5 choses à savoir sur les chaleurs de la jument. Equisense. <https://blog.equisense.com/chaleurs-des-juments>, Page consultée le 25/02/2022.

53. Suleiman, N., 2018. L'insémination artificielle chez l'espèce équine dans la région de Mostaganem. Mémoire : Master 2 en Sciences Agronomiques, Option Génétique et Reproduction Animale. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 92p.
54. Taylor, T.B., Pemstein, R., Loy, R.G., 1982. Control of ovulation in mares in the early breeding season with ovarian steroids and prostaglandin. *J. Reprod. Fertil. Suppl.*, 32, 219-224.
55. Vignaud, L., Margat, A., 2017. Le choix des techniques de reproduction. Institut français du cheval et de l'équitation. *Équipédia*, 5p.
56. Yoon, M.J., 2012. The Estrous Cycle and Induction of Ovulation in Mares. *Journal of science and technology*, 54 (3), 165-174.
57. Yoon, M.J., Boime, I., Colgin, M., Niswender, K.D., King, S.S., Alvarenga, M., Jablonka-Shariff, A., Pearl, C.A., Roser, J.F., 2007. The efficacy of a single chain recombinant equine luteinizing hormone (reLH) in mares: induction of ovulation, hormone profiles, and inter-ovulatory intervals. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 33(4), 470-479.