

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE IBN KHALDOUN DE TIARET
INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES
DEPARTEMENT DE SANTE ANIMALE

PROJET DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
DOCTEUR VETERINAIRE

SOUS LE THEME :

*DIAGNOSTIC ET DATATION DE LA
GESTATION CHEZ LA JUMENT ARAB*

PRESENTE PAR:

Mr.SADOK Abdel Ghani

ENCADRE PAR:

Dr. AYAD Mohamed Amine



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE IBN KHALDOUN DE TIARET
INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES
DEPARTEMENT DE SANTE ANIMAL

PROJET DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
DOCTEUR VETERINAIRE

SOUS LE THEME :

*DIAGNOSTIC ET DATATION DE LA
GESTATION CHEZ LA JUMENT ARAB*

PRESENTE PAR:

Mr.SADOK Abdel Ghani

ENCADRE PAR:

Dr. AYAD Mohamed Amine

LES EXAMINATEURES :

*Mr, BENALLOU Bouabdellah : Maitre de Conférences "A", à l'Institut
Vétérinaire de Tiaret.*

Mr, SLIMANI Khaled: Maitre Assistant "A", à l'Institut Vétérinaire de Tiaret.



REMERCIEMENTS

Au nom de DIEU le clément et miséricordieux, qui par sa seule grâce j'ai pu réaliser ce travail.

Je tiens avant tous à remercier mes chers parents, pour l'aide qu'ils m'avaient prodigué tout au long de mon chemin, leur patience, leur soutien sans faillir, financier et moral.

Mes sincères remerciements, pour tous ceux qui mon aidé de près ou de loin à accomplir mes études.

Je tiens à remercier :

Mon encadreur : le docteur AYAD MOHAMED AMINE, dont le travail avec, était un énorme privilège,

Mr le docteur BENALLOU Bouabdellah, pour sa disponibilité pour l'intérêt des étudiants.

Mr le docteur SLIMANI Khaled, d'avoir accepté être un examinateur de cette modeste thèse.

A tous le personnel de la jumenterie de Tiaret ; surtout a Mr Nassri Abdelkarim, madame Hadouch Zohra.

Je remercie tous les enseignants de la faculté des sciences vétérinaires de l'université IBN-KHALDOUN.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

En 1^{er} lieu « l'Algérie » mon très chère pays.

*En 2^{eme} lieu mes très et trop chères parents qui m'ont
entouré d'amour d'affection et qui étaient toujours
présents avec ses soulagements.*

Ma grande mère.

Toute ma famille.

*Mes collègues : Abdel l'Atif, Mohamed, Abdelkarim,
Adja, Ajaal, cherif, Iliass, Ali, Khaled.*

La famille GHEFARI surtout le père AHMED

*Mes très chers amis : Boumama, Zakaria, Hamza,
Amine, Redoine, Mostafa.*

*Mon très cher ami et copin de chambre durant mon
cursus : nour,eddin.*

*Toute la promotion 5^{eme} Année Docteur
Vétérinaire et tout les étudiant de l'Institut
des Sciences Vétérinaires.*

A ceux qui m'aiment.....

ABDEL GHANI

Liste des figures :

<i>Figure 01 : échographie.....</i>	<i>07</i>
<i>Figure02 : phénomènes d'émission /réception des ultrasons.....</i>	<i>10</i>
<i>Figure03 : émission et réception des ultrasons.....</i>	<i>14</i>
<i>Figure 04 : mode A.....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 05 : mode B.....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 06 : mode TM.....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 07 : mode BD.....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 08 : schéma de l'échographie d'une formation vésiculaire remplie de liquide.....</i>	<i>17</i>
<i>Figure09 : structure et fonctionnement d'une sonde sectorielle.....</i>	<i>18</i>
<i>Figure10 : structure et fonctionnement d'une sonde linéaire.....</i>	<i>18</i>
<i>Figure11 : Anatomie de l'appareil génital et organes pelviens d'une jument, vue latérale gauche des organes disséqués en place.....</i>	<i>21</i>
<i>Figure 12 : Profil hormonal lors du premier tiers de gestation chez la jument.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 13 : Evolution de la concentration en œstrogènes au cours de la gestation chez la jument.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure14 : le cycle œstral et la dynamique des vagues folliculaire.....</i>	<i>32</i>
<i>Figure15 : échographe SIUI CTS-7700V.....</i>	<i>38</i>

Liste des tableaux :

<i>Tableau 01 : valeurs d'impédances des différents milieux biologique.....</i>	<i>12</i>
---	-----------

Liste des images :

<i>Image01 : Coupes transversales de corne utérine en œstrus.....</i>	<i>25</i>
<i>Image 02 - Image échographique d'un embryon avec la présence des deux artéfacts.....</i>	<i>30</i>

Sommaire :

LA PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Remerciement

Dédicace

Liste des figures

Sommaire.....	03
Introduction.....	03
I. L'échographie et son application en médecine vétérinaire.....	04
1. Rappels historiques sur la technique	04
2. Les réalisations possibles par un examen échographique en physiologie de la reproduction.....	04
3. Palpation rectale et échographie.....	05
4. L'échographie est une technique exigeante sur le plan intellectuel.....	05
5. Sécurité et utilisation de l'échographie.....	06
II. Principes généraux de l'échographie.....	07
1. Nature physique des ultrasons.....	07
2. Propriétés physiques des ultrasons.....	08
3. Interactions des ultrasons avec les milieux biologiques (la genèse des échos)	09
3.1. La réflexion	10
3.2. La réfraction	12
3.3. La diffusion.....	12
3.4. L'absorption.....	13
4. L'émission des ultrasons (la production de salves).....	13
5. La réception des ultrasons (la formation des images).....	14
6. Interprétation des images	15
6.1. Image de contours	16
6.2. Image de tissus	16
7. Les équipements	17
7.1. Les sondes	17
7.2. Fréquence de la sonde	18
7.3. Les réglages, annotations	19
7.4. Inversion de l'image	19
7.5. Réglage du gain	19

7.6. Fixation de l'image	20
III. Développement embryonnaire et application de l'échographie au diagnostic précoce de gestation chez les EQUINS	21
1. Eléments d'anatomie et de topographie de l'appareil génital de la jument.....	21
2. Technique d'examen échographique de l'utérus par échographie.....	24
3. Le développement de l'embryon et du fœtus équin	26
4. Le diagnostic précoce de gestation par échographie.....	30
IV. Application de l'échographie au suivi ovarien au cours du cycle œstral chez la jument	31
1. RAPPELS sur le cycle œstral et sur la dynamique des vagues folliculaires.....	32
1.1. Le cycle œstral	32
1.2. Les vagues folliculaires.....	33
2. Echographie des ovaires	35
2.1. Les follicules	35
2.2. Le corps jaune	35
LA PARTIE PRATIQUE	
I. Matériels et méthodes.....	37
1. Matériels	37
1.1. Lieux de l'expérimentation	37
1.2. Effectif de l'expérimentation	37
1.3. Durée de l'expérimentation	37
1.4. Echographie utilisés	37
2. Méthodes	39
2.1. Choix et Préparation des juments	39
2.2. Méthodes d'examen échographique	39
II. Résultat et Discussions.....	40
III. Conclusion.....	47
V. Références Bibliographique.....	49

Introduction :

Parmi les élevages qui se trouvent dans notre territoire national, on note l'élevage équin pour son importance économique et religieuse, à l'image de Prophète de l'Islam selon un des nombreux hadiths rapporté par Ibn Majah, le Prophète a dit : « celui qui s'occupe d'un cheval pour l'amour de Dieu et qui soigne sa nourriture de sa main, aura pour chaque grain une Hassana ».

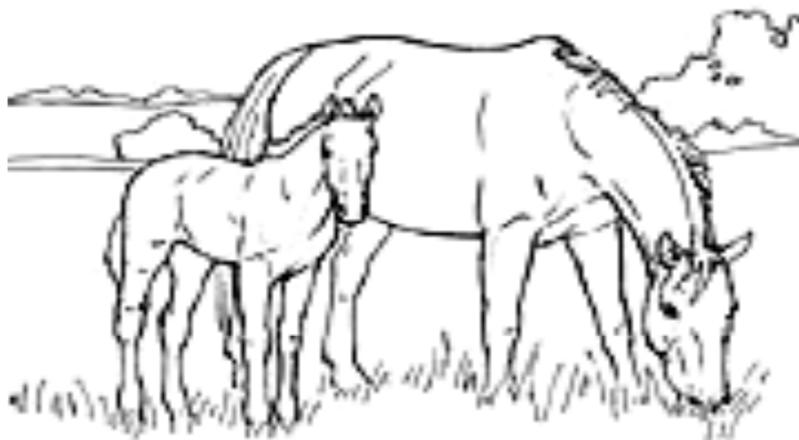
De nos jours, le cheval reste un acteur incontournable dans les régions rurales, particulièrement dans les Haut Plateaux, à l'instar des wilayas de Tiaret, Saida, Naama, Djelfa et Laghouat. Dans ces régions, le cheval vit parmi la population et y occupe une place digne de son rang.

La jument est une espèce polyœstrienne saisonnière de jours longs . Son activité sexuelle est régulée par la photopériode mais aussi par la nutrition et le climat. Dans le monde de l'élevage, une poulinière doit produire systématiquement un poulain viable chaque année pour être économiquement rentable.

Pour atteindre cet objectif, elle a besoin d'être dans de bonnes conditions physiques, de présenter des cycles œstraux réguliers ainsi que pouvoir concevoir et maintenir une gestation jusqu'à son terme.

Les responsables donnent beaucoup d'importance a la reproduction avec un contrôle stricte ; débute par le choix des l'étalons et des juments, puis le contrôle de l'activité ovarienne dès le début de la saison jusqu'à la saillie et on finit par le diagnostique de la gestation.

L'objective de notre travail se repose sur le diagnostique précoce des gestations chez ses juments et le suivre jusqu'au jour 120 a l'aide de l'échographe.



LA PARTIE

BIBLIOGRAPHIQUE

1. L'échographie et son application en médecine vétérinaire :

L'échographie est une technique d'imagerie médicale basée sur l'utilisation d'ondes ultrasonores.

Elle permet de visualiser de façon **non-invasive** les organes génitaux, cette visualisation se faisant dans la masse même des structures (anatomie interne).

L'échographie est la technique qui, avec la radio-immunologie, a le plus contribué à la progression des connaissances en physiologie et physiopathologie de la reproduction.

1. Rappels historiques sur la technique :

1952: Premières tentatives d'examen des tissus biologiques par une méthode échographique ultrasonore (Howery et Wild).

1980 : En France, première image échographique transrectale des organes génitaux de la jument (Palmer et Driancourt) ; et l'amélioration de la qualité des images par l'introduction des sondes ultrasoniques à barrettes qui permettent la focalisation d'un faisceau ultrasonore à plusieurs profondeurs.

2. Les réalisations possibles par un examen échographique en physiologie de la reproduction : (N. Hagen et al, 2000)

1. Déterminer le statut saisonnier des ovaires
2. Déterminer si une femelle a atteint le stade de puberté
3. Monitorer les follicules ovariens pour réaliser un diagnostic ou évaluer un traitement (ex: super ovulation)
4. Repérer l'ovulation (ou son échec)
5. Monitorer le corps jaune
6. Etablir le stade du cycle œstral
7. Différencier un corps jaune persistant d'un état anovulatoire
8. Evaluer le degré de l'imprégnation oestrogénique de l'endomètre
9. Evaluer le temps et le caractère approprié de l'insémination
10. Détecter la semence dans l'utérus

11. Collecter des ovocytes folliculaires par aspiration transvaginale
12. Evaluer la capacité d'une femelle à servir de réceptrice pour le transfert embryonnaire.
13. Détecter et étudier précocement un embryon
14. Détecter des embryons jumeaux chez la jument et éliminer l'un des embryons manuellement.
15. Diagnostiquer une gémellité (membrane double) à un stade avancé de la gestation
16. Déterminer le sexe du fœtus
17. Déterminer la vitalité fœtale et la position pré-partum
18. Evaluer l'involution utérine post-partum
19. Diagnostic précoce du temps de la mort embryonnaire (absence de battements cardiaques)
- 20 Diagnostiquer des ovaires pathologiques (kystes lutéaux, folliculaires,...) tumeurs ovariennes.
- 21 Diagnostic de pathologie des pyomètres, hydrosalpinx etc.

3. Palpation rectale et échographie :

Pendant longtemps la palpation transrectale a été la seule technique pour "explorer" les organes génitaux des grandes femelles domestiques.

La palpation transrectale reste une technique à maîtriser mais la valeur informative de l'échographie est très supérieure à celle de la palpation transrectale à l'exception des informations relatives à la consistance et la sensibilité des organes (N. Hagen et al, 2000).

4. L'échographie est une technique exigeante sur le plan intellectuel :

La réalisation de l'interprétation rationnelle des informations issues d'un examen échographique nécessite de maîtriser un ensemble de connaissances biologiques (anatomie, physiologie, pathologie) et biophysiques (physique des ultrasons, formation de l'image, genèse des artefacts...) (N. Hagen et al, 2000).

5. Sécurité et utilisation de l'échographie :

La technique d'échographie est normalement sans danger. La réponse des tissus aux ultrasons (vibration des molécules tissulaires et absorption de la chaleur) sont sans conséquence (l'élévation de température ne peut pas dépasser 1°C).

L'énergie minimum pour produire des lésions est de 100 mWatt/cm², les ultrasons de l'échographe n'émettant que de 1 à 10 mWatt/cm². (N. Hagen et al, 2000)

II. Principes généraux de l'échographie :

L'échographie utilise des sons à haute fréquence pour produire des images des tissus mous et des organes internes (Figure 01).



Figure 01 : échographie

1. Nature physique des ultrasons :(N. Hagen et al, 2000)

En physique, il existe deux types d'onde : les ondes mécaniques qui nécessitent un milieu physique pour se propager et les ondes électromagnétiques qui peuvent se propager dans le vide.

Les ultrasons sont des ondes ou vibrations mécaniques de même nature que les sons mais leur fréquence est trop élevée pour que l'oreille humaine puisse les détecter. Les ultrasons sont caractérisés par des ondes sonores qui ont une fréquence supérieure à la fréquence maximale des sons audibles par l'homme (20 kHz). Un cycle par seconde représente 1 Hz ; 1000 et 1 million de cycles par seconde correspondent respectivement à 1kHz et à 1 MHz. La fréquence des ultrasons utilisés en imagerie médicale varie entre 2 et 10 MHz.

Les cristaux de la sonde de l'échographe ont des propriétés piézo-électriques. Le terme piézo-électrique vient du grec « piezein » voulant dire « presser ». Les cristaux piézo-électriques de la sonde sont déformés lorsqu'on leur

applique un courant électrique alternatif de haute tension. L'oscillation mécanique des cristaux comparable à la vibration de la membrane du tambour résulte de la succession d'expansion et contraction des cristaux selon la polarité alternative du courant. L'expansion des cristaux va entraîner une compression des molécules tissulaires adjacentes et la contraction successive des cristaux va induire une décompression de ces mêmes molécules.

L'ultrason correspond à des ondes ou vagues de pressions mécaniques qui sont propagées de proche en proche dans les tissus par le cycle de déformation des cristaux. Les ondes de compression-décompression des molécules sont représentées de façon conventionnelle sous la forme d'une sinusoïde. Le « pic » de l'onde correspond à la zone de compression des molécules alors que la « vallée » correspond à la zone adjacente où les molécules sont décomprimées. Les effets piézo-électriques sont obtenus avec des céramiques poly cristallines.

2. Propriétés physiques des ultrasons:(N. Hagen et al, 2000)

Les propriétés d'une onde sont caractérisées par différents paramètres : l'amplitude, l'intensité, la fréquence et la longueur.

L'amplitude de l'onde est proportionnelle à l'intensité du courant appliqué aux cristaux. L'amplitude de la vibration d'une particule va déterminer sa vitesse maximale (V_0) et donc l'énergie stockée par la particule (E) définie par l'équation 1 : $E = M V_0^2 / 2$ avec M , la masse de la particule.

L'amplitude de l'oscillation va déterminer l'énergie totale (E) de toutes les particules et pour une unité de volume, E est la densité énergétique de l'onde définie par l'équation 2 : $E = \rho V_0^2 / 2$ avec ρ , la densité du tissu.

L'intensité de l'onde correspond au débit d'énergie qui est défini par l'équation 3 : $I = E \times C = \rho C V_0^2 / 2$ avec E , la densité énergétique de l'onde et C , sa vitesse de propagation. L'intensité acoustique s'exprime en Watt par cm^2 (W/cm^2).

La fréquence est définie comme le nombre de vibrations de la source émettrice (cristaux) par unité de temps. Elle est donc identique au nombre de cycles qui passent par un point donné du milieu par unité de temps et donc au nombre de fois que vibre par unité de temps une molécule. L'unité de mesure de la fréquence

est le Hertz (Hz) ou nombre de cycles par seconde. La fréquence dépend des caractéristiques des cristaux piézo-électriques, elle correspond à la fréquence de résonance du cristal, c'est-à-dire la fréquence pour laquelle l'amplitude des oscillations du cristal et donc l'amplitude des ultrasons est maximale.

La longueur d'onde (λ), caractéristique à la fois de l'onde et du milieu de propagation mesure l'étendue spatiale d'un cycle de vibration. Elle correspond à la distance parcourue par l'onde au cours d'un cycle de vibration. La fréquence et la longueur d'onde sont reliées par l'équation 4 : $\lambda = \frac{C}{f}$ avec C, la célérité ou vitesse de l'onde, f, la fréquence de l'onde.

La fréquence et la longueur d'onde varient de façon inversement proportionnelle si la vitesse de propagation de l'ultrason dans un milieu est constante. Pour les milieux biologiques sauf pour l'os (4080 m/s) et les poumons (600 m/s à cause de l'air), la vitesse moyenne de propagation des ultrasons est de 1540 m/s, cela signifie qu'un ultrason se propage dans les tissus sur une distance de 1.5 mm en 10^{-6} s.

Comme la vitesse de propagation des ultrasons est indépendante de la fréquence et est à peu près constante dans les tissus mous (1540 m/s), la sélection d'une sonde à haute fréquence va se traduire par une diminution de la longueur d'onde du son émis. Les longueurs d'onde correspondant aux fréquences des ultrasons habituellement utilisées peuvent être calculées à partir de l'équation 4. Ainsi, la longueur d'onde de 1.5 mm pour une fréquence de 1 MHz devient égale à 0.15 mm lorsque la fréquence atteint 10 MHz.

3. Interactions des ultrasons avec les milieux biologiques (la genèse des échos) : (N. Hagen et al, 2000)

La figure 2 illustre l'analogie entre l'émission et la réception d'un son avec l'émission et la réception d'un ultrason. Lorsqu'un son audible rencontre un obstacle à sa propagation, il est réfléchi et une onde de retour de même fréquence revient sous la forme d'un écho. Cet écho sera perçu par le système acoustique de l'oreille ou tympan. La distance qui sépare la source émettrice du son (membrane du tambour) de l'obstacle peut être déterminée à partir de la vitesse de propagation du son audible dans l'air (330 m/s). De façon analogue, lorsqu'un ultrason qui se propage dans un

tissu rencontre une interface tissulaire, une partie de l'ultrason est réfléchi et retourne aux cristaux de la sonde. Les cristaux déformés par l'écho ont la propriété de générer un courant qui sera enregistré.

Le cristal est donc à la fois l'émetteur et le récepteur. Le délai entre la propagation de l'ultrason et la réception de son écho va permettre de déterminer la distance entre les cristaux et la surface réfléchissante. L'analyse des ultrasons modifiés après leur passage dans un milieu permet d'en extrapoler la structure, d'où l'intérêt de comprendre le comportement des ultrasons à la traversée des tissus.

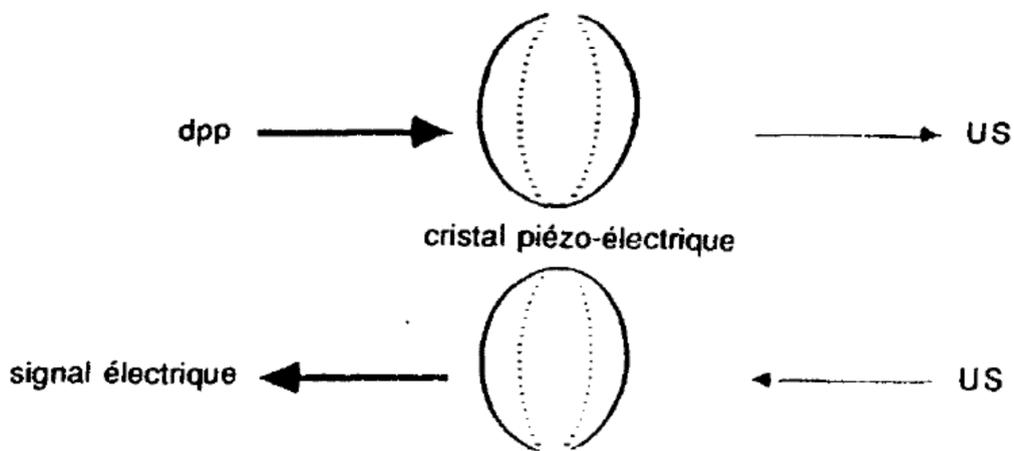


Figure02 : phénomènes d'émission /réception des ultrasons.
US=ultrasons.
dpp=différence de potentiel.

3.1. La réflexion :

Le phénomène de réflexion nécessite une présentation de la notion d'impédance acoustique.

L'impédance acoustique (z) d'un tissu est définie comme le produit de la densité du milieu par la vitesse de propagation des ultrasons. Ce paramètre acoustique caractérise la propriété de ce milieu à propager vs réfléchir l'onde ultrasonore. Une interface tissulaire existe lorsque deux tissus d'impédance acoustique différente sont en contact. Lorsqu'une onde rencontre une interface

tissulaire, une partie de l'énergie incidente est réfléchi. La proportion d'énergie réfléchi à l'interface de deux milieux d'impédances acoustiques respectives z_1 et z_2

est donnée par l'équation 5 :
$$\frac{I}{I_0} = \frac{(z_1 - z_2)^2}{(z_1 + z_2)^2}$$
 L'importance de la réflexion

dépend donc de la différence d'impédance acoustique entre les deux milieux. Ainsi, à l'interface graisse ($z=1.33 \cdot 10^6$)-muscle ($z=1.7 \cdot 10^6$), seulement 1.5 % de l'énergie incidente sera réfléchi. Les échos générés à cette interface sont cependant d'amplitude suffisante pour être détectés. Les interfaces les plus intéressantes correspondent à une faible différence d'impédance acoustique (1% ou moins). La plus grande partie de l'énergie incidente est transmise à travers l'interface tissulaire et peut explorer les tissus sous-jacents. Cependant, lorsque l'onde ultrasonore rencontre son trajet des milieux d'impédance acoustique très différente de celle des tissus mous comme le tissu osseux ou des gaz, la majeure partie de l'onde est réfléchi (plus de 99%). Cette forte réflexion de l'onde ultrasonore résulte de la combinaison d'un changement abrupt de vitesse de propagation des ultrasons et de densité du milieu aux interfaces tissu mou-os ou tissu mou/air. C'est la raison pour **laquelle les os et les gaz constituent un obstacle à la propagation des ultrasons**. Ce phénomène est fréquent lors de l'exploration transrectale lorsqu'il y a des poches d'air ou de gaz dans l'intestin. De même, pour une échographie transcutanée, il est nécessaire de couper les poils et d'avoir recours à un gel pour minimiser les pochettes d'air entre la sonde et les tissus examinés.

La réflexion est à la base de la formation de l'image échographique. Au fur et à mesure que le faisceau est l'objet du phénomène de réflexion, l'intensité de l'onde ultrasonore diminue exponentiellement avec la profondeur de pénétration dans le tissu (p) selon l'équation 6 : $I = I_0 e^{-\alpha(f)p}$ où $\alpha(f)$ est un coefficient d'atténuation qui dépend de la fréquence. I_0 et I représentent les intensités respectives du faisceau incident et du faisceau transmis.

L'atténuation correspond à la diminution de l'intensité de l'onde au fur et à mesure qu'elle progresse dans les tissus, ce qui va limiter la profondeur des tissus explorés. Dans les tissus mous, l'atténuation augmente à la fois avec la fréquence du signal et la profondeur de pénétration. A valeur d'atténuation égale, la profondeur de pénétration des ultrasons est d'autant plus faible que la fréquence est élevée.

L'atténuation de l'onde est mesurée en Bel et Décibel (1dB=0.1 Bel) et correspond à $10\log(I_0/I)$. Le tableau 01 donne les coefficients d'absorption de différents milieux exprimés en dB par MHz et par cm.

Z air = 0,00004	Z foie = 1,64
Z poumon = 0,26	Z muscle = 1,65 - 1,74
Z graisse = 1,35	Z os = 3,3 - 3,3
Z sang = 1,62	

Tableau 01 : valeurs d'impédances des différents milieux biologique .

Les mécanismes atténuateurs sont multiples: ce sont les interactions au cours desquelles l'énergie est prélevée du faisceau incident pour être ré-émise dans des directions différentes: la réfraction et la diffusion. L'absorption de l'énergie et sa transformation en chaleur participent également au phénomène d'atténuation.

3.2. La réfraction :

La réfraction correspond à une déviation de l'onde ultrasonore lorsqu'elle traverse un tissu ayant des propriétés acoustiques différentes. La réfraction survient seulement si l'interface n'est pas perpendiculaire à l'onde. Ce phénomène est comparable à la déviation de la lumière par un prisme. Cette incurvation du faisceau est à l'origine de la non réception de l'écho par la sonde et contribue ainsi à l'atténuation. Ce phénomène est fréquent lors de l'examen de l'appareil génital à cause de la présence de structures sphériques (follicules, vésicules embryonnaires, kystes). Le phénomène de réfraction est à l'origine d'images artéfactuelles avec l'apparition d'une ombre au dessous du bord de la structure contenant le liquide.

3.3. La diffusion :

Lorsque les dimensions de l'interface rencontrée sont petites en comparaison avec la longueur d'onde, **l'onde ultrasonore est absorbée puis ré-émise dans toutes les directions.** L'élément en question se comporte alors comme une source émettrice selon le même phénomène en optique du faisceau lumineux qui traverse une atmosphère poussiéreuse. L'échostructure des parenchymes est due aux échos diffusés par les multiples hétérogénéités diffusantes de petite taille telles que les capillaires, tissus conjonctifs.

3.4. L'absorption :

L'absorption correspond à la transformation de l'énergie en chaleur. Ce phénomène est minime avec les ultrasons. L'absorption est le seul processus qui diminue directement l'énergie de l'onde ultrasonore. Les autres processus (réflexion, réfraction, diffusion) redirigent l'onde en partie ou totalement.

4. L'émission des ultrasons (la production de salves) : (N. Hagen et al, 2000)

Les ultrasons ne sont pas émis de façon continue mais sous la forme de salves ou séries de 3 cycles environ. Le cristal est soumis à une série de courtes impulsions électriques qui sont à l'origine d'une courte série de vibrations appelée impulsions ou salves. L'image est formée par les échos qui reviennent à la sonde après chaque salve. Un temps adéquat est nécessaire pour que tous les échos reviennent à la sonde avant que la sonde n'émette à nouveau. De façon générale, les ultrasons ne sont émis que pendant 1% du temps alors que la sonde joue le rôle de récepteur des échos pendant 99% du temps. Ainsi, dans la sonde, le même cristal est émetteur pendant un temps très court de l'ordre de 2 μ s et ensuite récepteur pendant 998 μ s, le cycle durant 1 milliseconde. Mille impulsions de 3 à 4 cycles peuvent être émises par seconde malgré les pauses qui s'intercalent entre chaque salve. La collection des échos demande environ 0.25 ms donc 4000 impulsions ou lignes d'échos peuvent être collectées par seconde. Par conséquent, si 100 lignes d'écho sont nécessaires pour former une image, 40 images seront générées par seconde. Chaque pulse correspond à une série de 2 à 3 vibrations, par conséquent, la longueur d'un pulse est équivalente à 2-3 fois la longueur d'onde. Les sondes de haute fréquence émettent des pulses de plus courte durée que les sondes à basse fréquence (figure 3).

La longueur de la salve va déterminer la résolution axiale.

La résolution axiale est définie comme la capacité à différencier des objets le long du trajet de l'onde. Le nombre d'ondes par impulsion est identique quelle que soit la fréquence de la sonde. Par contre, la longueur de la salve générée diminue lorsque la fréquence augmente et que la longueur d'onde diminue. Plus la longueur d'onde est courte, meilleure est la résolution axiale.

La résolution latérale caractérise la capacité de discriminer deux réflecteurs adjacents mais situés à la même profondeur. Elle dépend du diamètre du faisceau d'ultrasons qui varie avec la fréquence de la sonde et la distance qui sépare les points à visualiser de la sonde. Dans les zones où le faisceau est focalisé, le diamètre du faisceau est réduit. La distance entre la sonde et la zone focale est la distance focale. Une résolution latérale acceptable est obtenue pour une courte distance (quelques cm) le long de l'axe du faisceau de chaque côté du point focal et dans la zone focale. (N. Hagen et al, 2000).

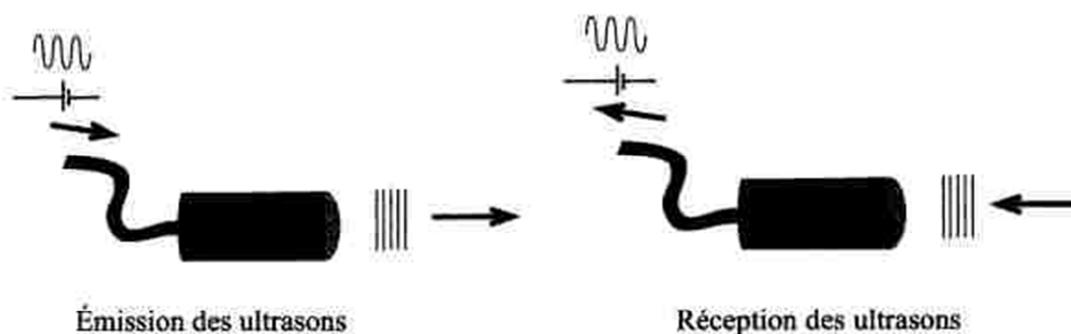


Figure03 : émission et réception des ultrasons

5. La réception des ultrasons (la formation des images) : (Chloé Juillien, 2003)

L'image échographique provient de l'analyse des échos qui reviennent à la sonde. Ces échos excitent l'élément piézo-électrique de la sonde qui vibre alors et transforme cette vibration en signal électrique. L'amplitude du signal est proportionnelle à l'intensité de l'onde réfléchi par la structure et dépend donc du tissu rencontré et de la différence d'impédance entre les milieux.

L'analyse de ces signaux électriques multiples se fait sous plusieurs modes :

- Mode A : amplitude. L'abscisse désigne la profondeur de l'interface et l'ordonnée l'intensité du signal. (Figure 04)

- Mode B : brillance. L'intensité du signal est traduite par la brillance de points lumineux dont l'abscisse reflète la profondeur. (Figure 05)
- Mode TM : temps-mouvement. L'écran de l'oscilloscope montre la juxtaposition d'images du mode B prises dans une seule direction au cours du temps. Cela permet de suivre l'évolution d'une structure en mouvement, comme une coupe de cœur. (Figure 06)
- Mode BD : bidimensionnel. C'est le mode le plus utilisé car il permet d'obtenir des plans de coupe. C'est la juxtaposition d'une multitude d'images du mode B, grâce à un balayage du plan de coupe désiré par les ondes ultrasonores. (Figure 07)

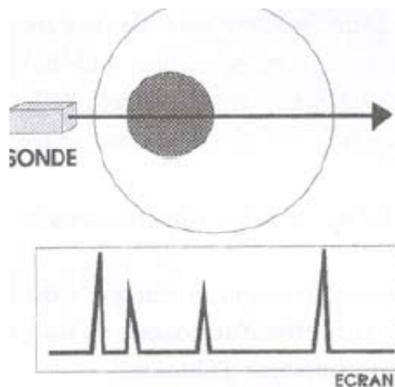


Figure04 : mode A

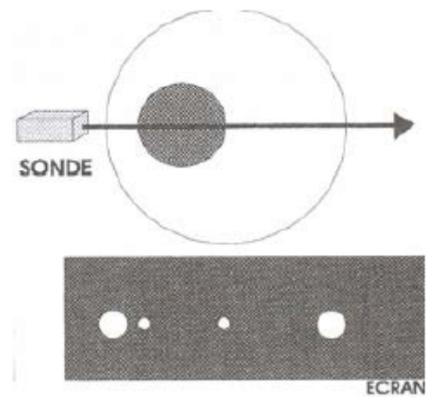


Figure 05 : mode B

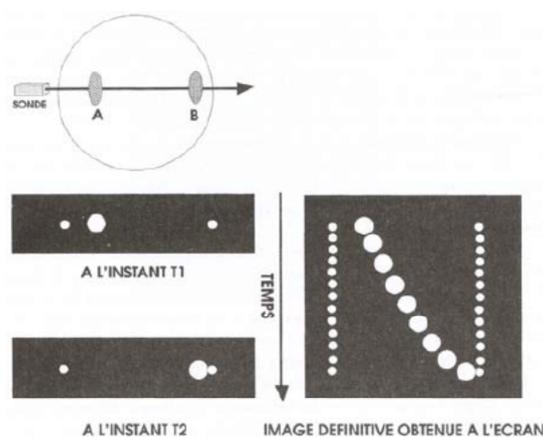


Figure06 : mode TM

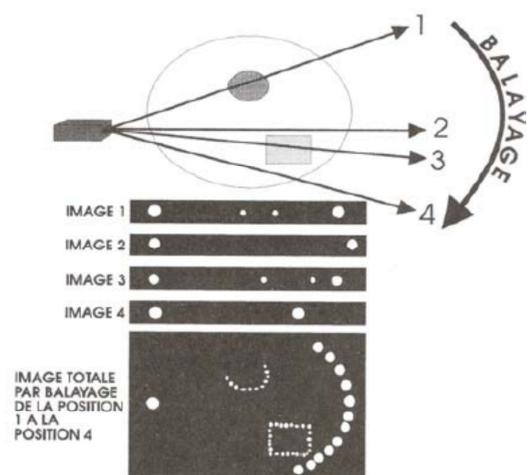


Figure07 : mode BD

6. Interprétation des images :(Le Roux-Kouman Louise, 2002)

L'interprétation des images nécessite des connaissances de physiologie ainsi que des bases de physique. L'une des difficultés est de reconnaître les images artefactuelles. Ces **artefacts** sont fréquents dans l'inspection des organes génitaux car il y a de nombreuses poches de gaz ou liquidiennes. A titre d'exemple, dans les années 80 l'écho spéculaire d'une vésicule embryonnaire a été catalogué de façon erronée comme le disque embryonnaire. (Le Roux-Kouman Louise, 2002)

6.1. Image de contours :

L'interface est une limite virtuelle entre deux milieux d'impédances acoustiques différentes, elle n'a pas de réalité physique : elle ne pourra être visualisée – sous la forme d'une ligne échogène – que lorsque les ondes l'atteindront perpendiculairement. Sinon, on ne la percevra que par la différence d'échogénicité des milieux qu'elle sépare.

Une paroi est une limite réelle entre deux milieux : elle pourra donc être visualisée sous la forme d'une structure échogène, et ce quel que soit l'angle d'incidence des ondes ultrasonores (figure 08). (Le Roux-Kouman Louise, 2002)

6.2. Image de tissus :

L'os a une impédance très élevée (3,8 à 8,3) ; l'interface os /tissu mou est donc très réfléchissante : les ultrasons qui la rencontrent sont donc presque tous réfléchis et captés par le transducteur. L'os apparaît par conséquent très blanc, c'est une structure dite très échogène. D'autre part, les ondes sonores ne pouvant pratiquement pas le traverser, on n'aura pas d'information sur les structures se trouvant au-delà de l'os par rapport à la sonde.

L'air a une impédance très faible (0,00004) ; l'interface tissu mou/air séparant des milieux d'impédances très différentes sera donc, comme pour l'os, très réfléchissante, on aura donc, en présence d'une bulle d'air ou de gaz, une image très échogène et une perte d'information en aval.

Les tissus mous, lorsqu'ils sont d'impédances différentes, donnent des teintes de gris variées, puisque les ondes sonores sont partiellement réfléchies, partiellement transmises aux tissus adjacents.

Les liquides purs ne présentent pas de structures pouvant servir d'interfaces, les ultrasons les traversent donc sans être réfléchis ; la sonde ne reçoit aucun écho, les liquides sont donc anéchogènes et apparaissent noirs à l'écran. Par contre, si le liquide contient des particules en suspension (pus), ou des cellules (sang), celles-ci se traduiront à l'écran par une multitude de petites interfaces, donnant une image noire tachetée de points blancs. (Le Roux-Kouman Louise, 2002)



Figure 08 : schéma de l'échographie d'une formation vésiculaire remplie de liquide. A : incidence oblique, B : incidence perpendiculaire : incidence tangentielle, D : paroi postérieure fortement échogène, E : renforcement relatif de l'écho, S : ombre

7. Les équipements (Le Roux-Kouman Louise, 2002) :

7.1. Les sondes :

Nous avons expliqué le principe d'émission des ultrasons à partir d'un ou plusieurs cristaux. Ces cristaux se trouvent dans la sonde, aussi appelée transducteur. Selon le mode de balayage, **on parle de sondes mécaniques ou électroniques.**

Dans le cas du premier type de sonde, un seul cristal subit un mouvement oscillatoire mécanique : la structure échographiée est balayée par un seul faisceau d'ultrason en mouvement ; l'image est en « part de tarte », donnée par une sonde sectorielle (figure 09).

Dans le second type de sonde, des cristaux alignés sur une droite subissent successivement une impulsion électrique : la structure échographiée est balayée par de nombreuses ondes ultrasonores ; l'image est rectangulaire, donnée par une sonde linéaire (figure10). (Le Roux-Kouman Louise, 2002)



Figure09 : structure et fonctionnement d'une sonde sectorielle.

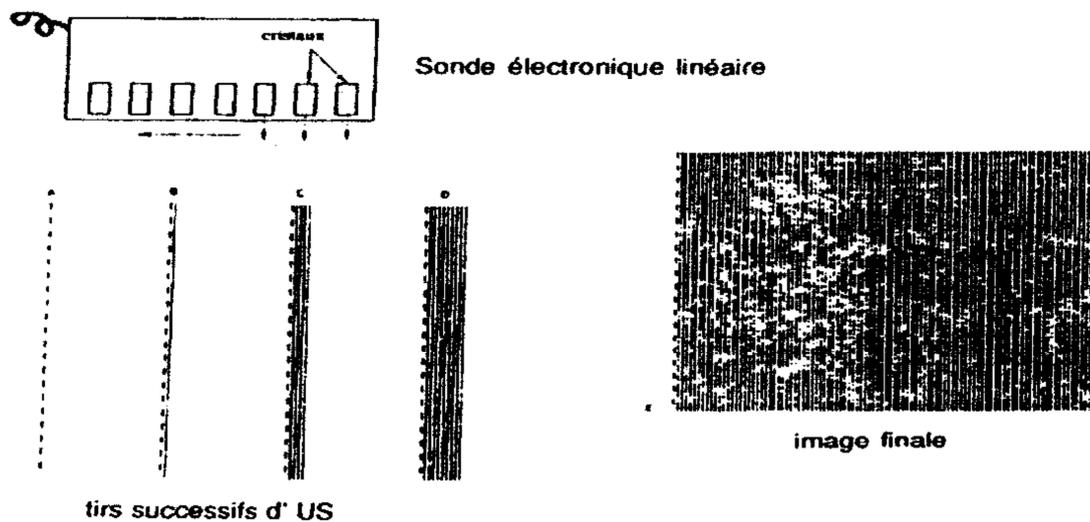


Figure10 : structure et fonctionnement d'une sonde linéaire.

7.2. Fréquence de la sonde :

On a vu que la fréquence des ultrasons envoyés pour la pratique de l'échographie est de l'ordre du MHz. Il a été dit aussi que plus la fréquence est élevée, meilleure est la résolution de l'image, mais moins grande est la profondeur de pénétration. On essaie donc de trouver un compromis entre ces deux propriétés. Les fréquences utilisées couramment sont 5MHz, 7,5MHz, et parfois 3,5MHz pour des organes profonds. (Le Roux-Kouman Louise, 2002)

7.3. Les réglages, annotations :

Au repos, l'écran est vierge d'échos. La **brillance** contrôle la quantité de lumière associée à un écho. On doit contrôler la brillance de telle façon que la lumière apparaisse tout juste sur l'écran. Le **contraste** est ajusté de façon à voir toute la palette des nuances de gris.

Il existe un **ped à coulisse électronique**. Sa précision est excellente et on peut effectuer des mesures avec une erreur inférieure à 5%. Les hauteurs sont plus fiables que les largeurs. La hauteur correspond à des images spéculaires alors que les images latérales sont moins nettes à cause des artefacts. (Le Roux-Kouman Louise, 2002)

7.4. Inversion de l'image :

Les nouveaux échographes possèdent parfois cette fonction, utile lorsque l'appareil est utilisé par les associés, dont l'un serait droitier, l'autre gaucher ; en effet, grâce à ce système, l'orientation de l'image sera toujours standard (sens de progression de l'image identique à celui de la sonde), quelle que soit la position de l'échographe par rapport à l'utilisateur (à gauche pour un opérateur droitier, à droite pour un opérateur gaucher). (Le Roux-Kouman Louise, 2002)

7.5. Réglage du gain :

Le réglage de gain total (Total Gain Control, touche « TGC » sur les appareils) renforce tous les échos à la réception (différence avec la puissance qui les renforce à l'émission) ; le gain par niveaux (matérialisé par des tirettes sur certains échographes), permet d'équilibrer l'image en renforçant les échos renvoyés par les structures superficielles. (Le Roux-Kouman Louise, 2002)

7.6. Fixation de l'image :

Pour mieux étudier une image on peut la geler (freeze control). On peut partager l'image en 2 ce qui permet de photographier une structure trop large pour un seul écran. (Le Roux-Kouman Louise, 2002)

III. Développement embryonnaire et application de l'échographie au diagnostic précoce de gestation chez les EQUINS :

Eléments d'anatomie et de topographie de l'appareil génital de la jument (Figure 11) :

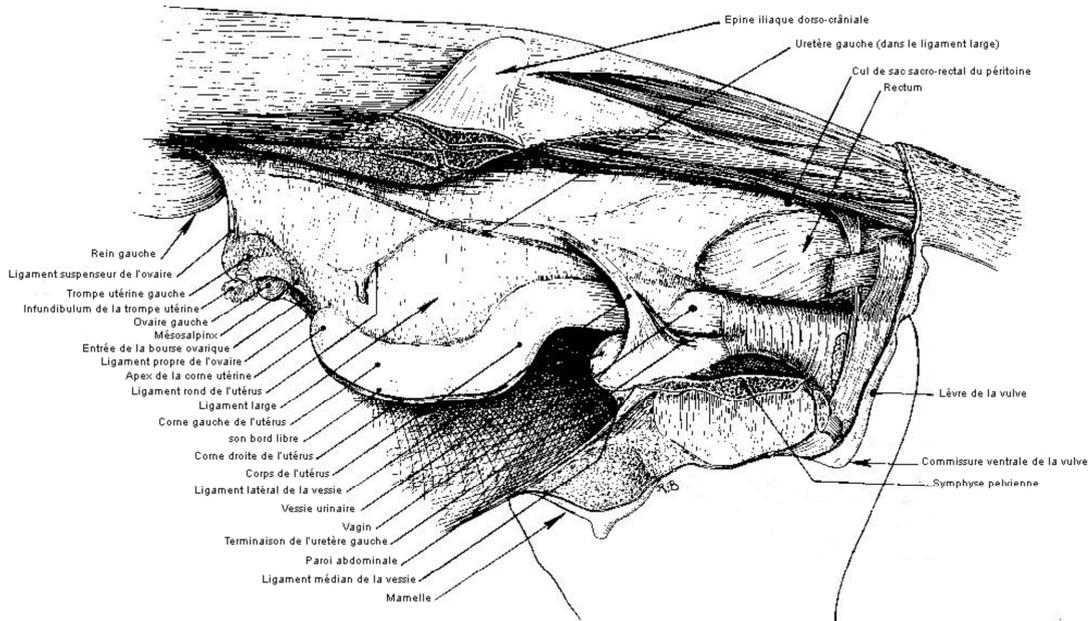


Figure 11 : Anatomie de l'appareil génital et organes pelviens d'une jument, vue latérale gauche des organes disséqués en place [Barone, 1978].

L'appareil génital de la jument comprend : (Hanzen Ch, 2008)

-La vulve comprend la partie située en arrière du vagin. Elle se compose du vestibule, des lèvres et du clitoris. Elle est limitée dorsalement par le rectum, l'anus, ventralement par le plancher du bassin et latéralement par les muscles semi-membraneux et le ligament sacro-sciatique. Le clitoris est beaucoup plus développé que dans d'autres espèces. Le gland a un diamètre de 2.5 cm et le corps une longueur de 5 cm. Sa fonction exacte reste à définir. Il devient particulièrement proéminent au

Développement embryonnaire et application de l'échographie au diagnostic précoce de gestation chez les EQUINS

cours de l'œstrus notamment lors des mictions (clignotement). Il constitue par ailleurs un réservoir potentiel du germe responsable de la métrite contagieuse.

-Le vagin s'étend du col jusque légèrement en avant de l'ouverture du canal de l'urètre. Il présente en cet endroit un repli transversal. Ce dernier est beaucoup plus net chez les jeunes juments et forme un semi-hymen. Habituellement, les parois du vagin sont accolées. Le vagin est dit retro péritonéal au sens où il est localisé en arrière de la cavité péritonéale délimitée par la séreuse. Cette conformation limite le risque d'atteinte de la cavité péritonéale en cas de perforation lors d'une saillie ou du poulinage.

-Le col utérin a une longueur de 5 à 7 cm et un diamètre de 3 à 4 cm. A la différence de la vache, il est aisément dilaté notamment sous imprégnation oestrogénique et ne présente pas d'anneaux fibreux. Il secrète lors de l'œstrus un mucus fluide facilitant la pénétration du pénis dans le corps utérin. Il secrète un mucus épais lors de gestation empêchant ainsi la pénétration de germes. Son anneau musculaire riche en fibres élastiques est capable de contractions et de dilatations.

-L'utérus se compose dans sa moitié postérieure du corps utérin (18 à 20 cm de long) et dans sa moitié antérieure des deux cornes utérines (20 à 25 cm de longueur et 30 à 50 mm de diamètre). Ces dimensions sont sujettes à variation en fonction du statut reproducteur de l'animal et de la manipulation de l'organe. Le ligament intercornual est beaucoup moins développé que chez la vache. La position des ligaments larges confère à l'utérus une forme en Y voire en T (vue dorsale) ou en V (vue latérale). La surface interne de la cavité utérine (et du col) n'est pas comme chez les ruminants recouverte de caroncules mais présente 5 à 10 rangées de replis endométriaux (endometrial folds). Ce nombre est constant quel que soit l'âge ou le statut de reproduction de l'animal. Ces replis sont constitués de tissu conjonctif recouvert de la muqueuse. Ils ne renferment pas de cellules sécrétrices. L'endomètre présente une particularité propre à l'espèce équine. Des cellules d'origine embryonnaire envahissent en effet vers le 35^{ème} jour de gestation la lamina propria (partie sous-endométriale) de l'endomètre et se transforment en cupules endométriales (endometrial cups). Celles-ci régressent vers le 5^{ème} mois de gestation. Elles assurent un rôle essentiel dans la formation et le maintien des corps jaunes accessoires. Elles demeurent fonctionnelles pendant 60 à 80 jours indépendamment de la viabilité fœtale. On comprend ce faisant l'absence de retour en chaleurs de la jument en cas de

Développement embryonnaire et application de l'échographie au diagnostic précoce de gestation chez les EQUINS

mort fœtale lors du 1er tiers de gestation. La consistance des cornes est flasque pendant l'œstrus et en anoestrus. Elle augmente au cours du dioestrus et surtout en début de gestation. Leur manipulation peut s'accompagner d'une réduction de leur longueur et d'une augmentation de leur diamètre. Cette augmentation du diamètre sera également normalement observée en cas d'imprégnation oestrogénique.

-Les ligaments larges constituent une des principales particularités du tractus génital de la jument. Ils s'étendent de la 3ème-4ème vertèbre lombaire jusque la 4ème vertèbre sacrée et s'attachent sur la partie dorsale des cornes utérines, situation différente de la vache qui ils se fixent davantage en position ventrale. Ils comprennent le mésosalpinx soutenant l'ovaire et le mésomètre soutenant la corne utérine et la portion antérieure du vagin. Ils renferment les artères, veines et nerfs utérins. Cette particularité anatomique implique diverses conséquences cliniques : lors d'intervention chirurgicale, l'utérus est moins aisément extériorisé que chez la vache. Le vagin est rarement concerné par la torsion utérine ce qui est moins souvent le cas chez la vache. En cas de rupture de l'artère ovarienne ou utérine, le ligament large peut être le siège d'un hématome qui parfois se rupture plusieurs semaines après le poulinage.

-Les oviductes ont une longueur comprise entre 20 et 30 cm. Ils se composent classiquement de trois parties : l'infundibulum (ouverture abdominale), l'ampoule (partie distendue) et l'isthme (partie proximale de l'oviducte). L'oviducte s'ouvre dans la corne utérine par la jonction utéro-tubaire. Les oviductes présentent la particularité de présenter divers vestiges embryonnaires. Ainsi des kystes non-folliculaires (diamètre d'1 mm) sont fréquemment associés à la fosse d'ovulation. De même des reliquats des conduits mésonéphrotiques incomplètement régressés sont associés aux oviductes.

-Les ovaires sont situés entre la 3ème et la 5ème vertèbre lombaire, 5 à 10 cm en avant du tiers supérieur de la branche montante du bassin. Ils sont moins mobiles que chez la vache. L'ovaire droit se trouve 5 à 30 cm en arrière du rein ipsilatéral tandis que l'ovaire gauche en est plus proche. L'ovaire gauche est situé 2 à 3 cm plus en arrière que l'ovaire droit. Les ovaires sont dans le voisinage de l'extrémité des cornes utérines ou en sont séparés de quelques cm. Leur taille (5 à 8 cm de long, 2 à 5 cm de large et 3 à 5 cm de hauteur) et leur poids (30 à 120 g) varie selon l'état physiologique de l'animal. Leur bord dorsal est convexe (hile de l'ovaire,

Développement embryonnaire et application de l'échographie au diagnostic précoce de gestation chez les EQUINS

zone d'attache du mésovarium et point d'entrée et de sortie des artères, veines et nerfs) tandis que leur bord ventral (fosse d'ovulation) est davantage concave. Ils présentent un pôle antérieur, abdominal et un pôle postérieur, utérin. L'ovaire de la jument présente une structure interne essentiellement différente des ruminants. En effet, alors que dans ces espèces, la zone corticale (tissu germinal folliculaire) occupe une position périphérique, chez la jument cette zone est centrale et n'entre en contact avec la périphérie de l'ovaire qu'au niveau de la fosse d'ovulation. A l'inverse, la zone médullaire, beaucoup plus vascularisée est centrale chez les ruminants et périphérique chez la jument. La réserve folliculaire a été estimée à 36.000 follicules par ovaire (contre 120.000 chez la vache). 50 à 75 % des follicules de diamètre > 1mm subissent l'atrésie. Comme chez les autres espèces on distingue les follicules primaires, secondaires et tertiaires. Le follicule de Graaf est beaucoup plus gros (diamètre moyen 50 mm). (Hanzen Ch ,2008)

2. Technique d'examen échographique de l'utérus par échographie :

La contention des juments doit être efficace, les juments sont introduits dans une cage de contention, l'appareil doit être fixe. L'examen doit être effectué à l'ombre, les appareils peuvent être équipés d'un pare-soleil lorsque le soleil gêne la lecture de l'écran cathodique.

L'échographie du tractus génital est l'étape diagnostique nécessaire faisant suite à la palpation transrectale. Cet examen permet d'apprécier les modifications physiologiques et pathologiques de l'utérus, de visualiser certaines anomalies et de préciser leur taille et leur localisation. Il est non invasif et offre la possibilité d'estimer l'étendue des lésions palpables par voie transrectale (Ginther, 1995).

Les examens de juments non gravide ou en début de gestation sont effectués habituellement avec une sonde linéaire de 5 MHz. Une sonde linéaire de 7.5 ou 10 MHz pourra être utilisée pour obtenir plus de détails ou visualiser des structures plus proches de la sonde (Reef, et al, 1998). Il est préférable de couvrir la sonde d'une gaine sanitaire en plastique ou d'un gant d'obstétrique recouvert de gel lubrifiant afin de faciliter le nettoyage mais aussi de prévenir les dommages de cette dernière. La sonde sera introduite avec précaution dans le rectum, avec la main la coiffant, sans forcer afin d'éviter tout risque de lacération ou de perforation rectale (Kähn, 1994 ; Reef et al, 1998).

Développement embryonnaire et application de l'échographie au diagnostic précoce de gestation chez les EQUINS

Un examen de l'utérus dans son intégralité doit être entrepris : le praticien commence par examiner le corps utérin puis remonte latéralement le long de chacune des cornes jusqu'à ce que l'ovaire soit visible. Le corps et le col de l'utérus seront vus en coupe longitudinale alors que les cornes seront en coupe transversale. La sonde sera déplacée le plus lentement possible (Kahn, 1994 ; Ginther, 1995 ; Reef et al, 1998) en gardant à l'esprit qu'une légère rotation de la sonde entraîne un déplacement latéral considérable du plan de coupe en profondeur (Kahn, 1994).

Les images échographiques de l'utérus sont profondément influencées par le stade du cycle, ces changements étant attribués aux variations hormonales (Ginther, 1995). Au fur et à mesure de l'avance du cycle œstral, des modifications de l'utérus pourront donc être objectives.

Lors de l'œstrus, les replis endométriaux deviennent œdémateux, et les sécrétions endométriales sont plus importantes. L'image de l'utérus obtenue est hétérogène, elle apparaît plissée, avec des alternances de zones hyperechogènes et des zones hypoechogènes. Les premières correspondant aux portions denses de tissu épithélial des replis endométriaux et les secondes aux parties œdématisées de ces derniers. Au niveau des cornes utérines, la coupe transversale forme alors une image dite en « quartier d'orange » (Image01). L'aspect œdématisé a tendance à diminuer avant que l'ovulation ne se produise (Mc Kinnon et al, 1993 ; Kähn, 1994 ; Ginther, 1995 ; Reef et al, 1998 ; Buisson, 2008).



Image01 : Coupes transversales de corne utérine en œstrus (Buisson, 2008)

Il est aussi possible de distinguer différentes couches au sein de la paroi utérine, celles-ci correspondent aux différences d'échogénicité entre l'endomètre et le myomètre ou à la présence de structures vasculaires entre les couches musculaires circulaires et longitudinales (Ginther, 1995).

Développement embryonnaire et application de l'échographie au diagnostic précoce de gestation chez les EQUINS

Les sécrétions des glandes endométriales lors de l'œstrus sont plus importantes et se concentrent dans la lumière utérine. Toutefois, la distinction entre un volume de liquide physiologique ou pathologique n'est pas toujours aisée. Cette distinction reste donc à l'appréciation du clinicien en fonction de son expérience propre mais aussi selon les commémoratifs de la jument (gestation antérieure, antécédents de résorptions embryonnaires, antécédents d'insémination artificielle ou de saillie) et des autres signes cliniques (Betsch, 1992).

3. Le développement de l'embryon et du fœtus équin :

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

Chez la jument, la durée de la gestation est comprise entre 320 et 350 jours soit environ onze mois. La période pendant laquelle l'embryon est non implanté peut se diviser en deux phases : la phase tubaire (en moyenne 5 à 6 jours) et la phase utérine, qui se termine lorsque le trophoblaste et l'épithélium utérin adhèrent l'un à l'autre au 40^e jour de gestation (Allen, 1988; Flood, 1993).

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

Après son arrivée dans l'utérus, le 6^e jour de gestation, l'embryon de forme sphérique, va s'entourer d'une capsule faite de glycoprotéines qui joueraient un rôle de protection mécanique lors de sa migration intra-utérine. La vésicule embryonnaire est particulièrement mobile dans l'espèce équine, avec une phase de mobilité maximale entre le 11^e et le 14^e jour de gestation. Ces phases migratoires permises par

Développement embryonnaire et application de l'échographie au diagnostic précoce de gestation chez les EQUINS

les contractions utérines le transportent dans toutes les parties de l'utérus, que ce soient le corps ou les cornes. Ces migrations sont indispensables à la reconnaissance maternelle de la gestation, c'est ainsi que toutes les parties de l'endomètre reçoivent le signal émis par l'embryon. Ainsi, le corps jaune est maintenu et la gestation peut se poursuivre (Allen, 1988; Flood, 1993).

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

L'implantation a donc lieu à la base d'une des cornes utérines du côté antimésométrial. La portion endométriale sur laquelle va venir se fixer l'embryon n'est pas manifestement différente d'une autre, mais la base des cornes utérines reçoit à ce niveau une large branche de l'artère utérine (Allen, 1988; Flood, 1993).

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

Le trophoblaste très vascularisé est en contact étroit avec l'endomètre dès le 25^e jour. Un début d'interaction entre les microvillosités des cellules du trophoblaste

Développement embryonnaire et application de l'échographie au diagnostic précoce de gestation chez les EQUINS

et l'épithélium utérin a été décrit dès le 38-40e jour. Des macrovillosités fœtales (qui deviendront des microcotylédons) commencent à apparaître dès le 45e jour comme des structures rudimentaires qui se développent progressivement jusqu'à la formation d'une véritable attache placentaire constituée de microcotylédons fœtaux et de microcaroncules maternelles (Allen, 1988; Flood, 1993).

Les 14 premiers jours de la gestation sont similaires d'un point de vue endocrinologique à la phase lutéale d'une jument non gestante. Le corps jaune issu de l'ovulation sécrète de la progestérone. Grâce au signal de reconnaissance maternelle émis par l'embryon, l'utérus ne sécrète pas de prostaglandines F₂ : le corps jaune n'est donc pas lysé aux 14 e-15 e jours post-ovulation, le taux de progestérone reste élevé. Ce corps jaune primaire continuera sa production d'hormones stéroïdiennes pendant 25 jours supplémentaires et sera maintenu jusqu'au 120e jour de gestation. Dans l'espèce équine, des corps jaunes secondaires ou accessoires sont formés vers le 40e jour de gestation afin de maintenir une sécrétion de progestérone suffisante : un deuxième pic de progestérone est ainsi observé vers le 40e jour de gestation. La progestérone d'origine ovarienne est ainsi maintenue jusqu'au 150e jour de gestation avant que le placenta ne prenne complètement le relais. En réalité, la sécrétion de progestérone d'origine fœto-placentaire semblerait débuter dès le 30e jour de gestation (Ganjam et al, 1975 ; Allen, 1988 ; Figure 12).

Une autre spécificité de la jument réside dans la sécrétion d'eCG par les cupules endométriales : elle est détectée dans le sang maternel à partir du 35e-42e jour de gestation, atteint sa concentration maximale vers 55 à 65 jours puis diminue progressivement jusqu'à 100-150 jours de gestation. Celle-ci possède plusieurs rôles : le maintien du corps jaune primaire, la formation de corps jaunes secondaires et un rôle immunorégulateur dans le maintien de la gestation. L'existence de cupules endométriales est un élément important à prendre en compte lors d'arrêts précoces de gestation. Si l'arrêt de la gestation survient après la formation des cupules endométriales, la sécrétion d'eCG se poursuit et la jument peut ne pas revenir en chaleur pendant trois mois du fait de la présence de corps jaunes (Allen, 1988 ; Flood, 1993 ; Figures 12 et 13)

Développement embryonnaire et application de l'échographie au diagnostic précoce de gestation chez les EQUINS

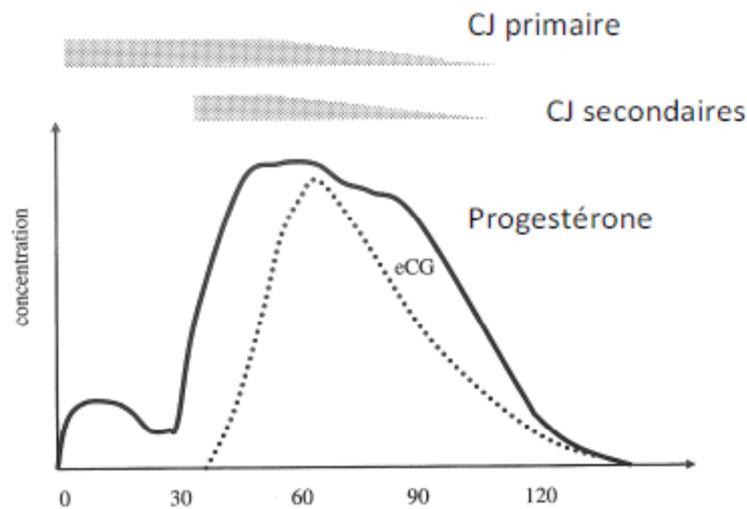


Figure 12 : Profil hormonal lors du premier tiers de gestation chez la jument (Allen, 1988)

Concernant les œstrogènes, plusieurs sources existent chez la jument gestante : ceux produits localement par le conceptus vers le 12e jour de gestation, mais qui n'atteignent pas la circulation générale, ceux produits par l'ovaire qui augmentent en parallèle à la production d'eCG et ceux produits par l'unité œto-placentaire qui augmenteront à partir de 60 jours de gestation (Allen, 1988 ; Flood, 1993 ; Figure 13).

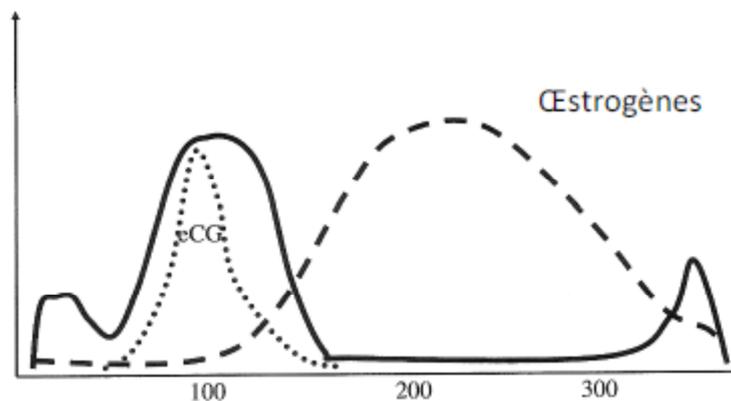


Figure 13 : Evolution de la concentration en œstrogènes au cours de la gestation chez la jument (Allen, 1988)

L'endomètre subit aussi des modifications profondes : il s'épaissit, devient hyperhémique. Il montre une congestion intense avec parfois de petites hémorragies interstitielles (Barone et Poirier, 1955). Le chorion devient très riche en gros vaisseaux sanguins et lymphatiques. Les changements de perfusion vasculaire de

Développement embryonnaire et application de l'échographie au diagnostic précoce de gestation chez les EQUINS

l'endomètre en début de gestation semblent de même se produire de façon concomitante avec les changements de localisation du conceptus (Silva, et al. 2005). La sécrétion des glandes endométriales produit un véritable lait utérin ou embryotrophe destiné à la nutrition de l'embryon avant la formation du placenta (Barone et Poirier, 1955 ; Barone, 2001 ; Collin, 2005 ; Ginther, 1995).

4. Le diagnostic précoce de gestation par échographie :

L'établissement d'un diagnostic de gestation par échographie est basé sur la détection de la présence du conceptus. Cette technique permet également d'apprécier la vitalité de l'embryon par la mise en évidence des battements cardiaques ou des mouvements du fœtus. L'échographie va aussi permettre le diagnostic de gestation, qui a en général lieu 14 jours après l'ovulation si la date d'ovulation est connue, sinon elle sera réalisée 15 jours après le premier refus du mâle ou 19 jours après la première saillie. L'embryon apparaît comme une vésicule anéchogène sphérique d'environ 15 mm de diamètre avec la présence de deux artéfacts hyperéchogènes aux pôles (Image02). Cet examen peut s'avérer difficile étant donné que la vésicule est encore mobile à ce stade.

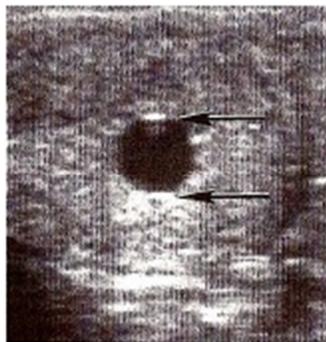


Image 02 - Image échographique d'un embryon avec la présence des deux artéfacts (McKinnon, et al, 1993)

De nombreuses études ont montré qu'un diagnostic de gestation par échographie ne pouvait pas être réalisé en routine avant le stade 20 jours de gestation. Au 20e jour, il sera possible de visualiser l'embryon, au 25e jour ses battements cardiaques seront objectivables. Au 28e jour, le sac vitellin et l'allantoïde seront identifiables, il sera observé une ascension de l'embryon au sein de ces annexes puis une descente suite à la formation du cordon ombilical (Flood, 1993).

IV. Application de l'échographie au suivi ovarien au cours du cycle œstral chez la jument :

- Le développement de l'échographie a permis de nouvelles approches diagnostiques dans les différents états physiologiques et pathologiques de l'appareil génital. « L'échographie constitue l'avance technologique la plus déterminante dans les domaines de la recherche et de la reproduction clinique chez les grands animaux, depuis l'introduction de la palpation transrectale et des dosages radioimmunologiques des hormones circulantes », (Ginther, 1986). En effet, pendant longtemps, **la palpation transrectale a été la seule technique pour explorer les organes génitaux des grandes femelles domestiques**. En particulier, le développement de l'échographie a permis **l'exploration de la dynamique folliculaire** dans les années 80.
- L'échographie est exigeante sur le plan intellectuel et nécessite de bonnes connaissances de physiologie et d'anatomie.
- **La valeur informative de l'échographie est supérieure à celle de la palpation transrectale à l'exception des informations relatives à la consistance et à la sensibilité des organes**. L'appréciation des formations ovariennes par palpation transrectale est délicate car la confirmation des diagnostics à l'abattoir révèle environ 20% d'erreurs. L'apport de l'échographie permet d'améliorer l'interprétation des organites ovariens après leur palpation et de donner des informations complémentaires sur la taille et l'échogénicité des organites ovariens.
- L'enregistrement des images permet de **garder la mémoire** à un jour J des organites ovariens et de leur emplacement sur l'ovaire pour mieux analyser leur évolution. Ce suivi ovarien est intéressant dans le cadre de la transplantation embryonnaire pour évaluer la réponse d'une donneuse au traitement de superovulation avant la collecte.
- L'échographie du tractus génital pour un suivi ovarien ou pour la recherche d'anomalies chez une jument infertile exige un **examen méthodique** pour explorer la totalité du tractus génital, col, corps et cornes utérines, oviductes et ovaires.

1. RAPPELS sur le cycle œstral et sur la dynamique des vagues folliculaires(FIGURE12) :

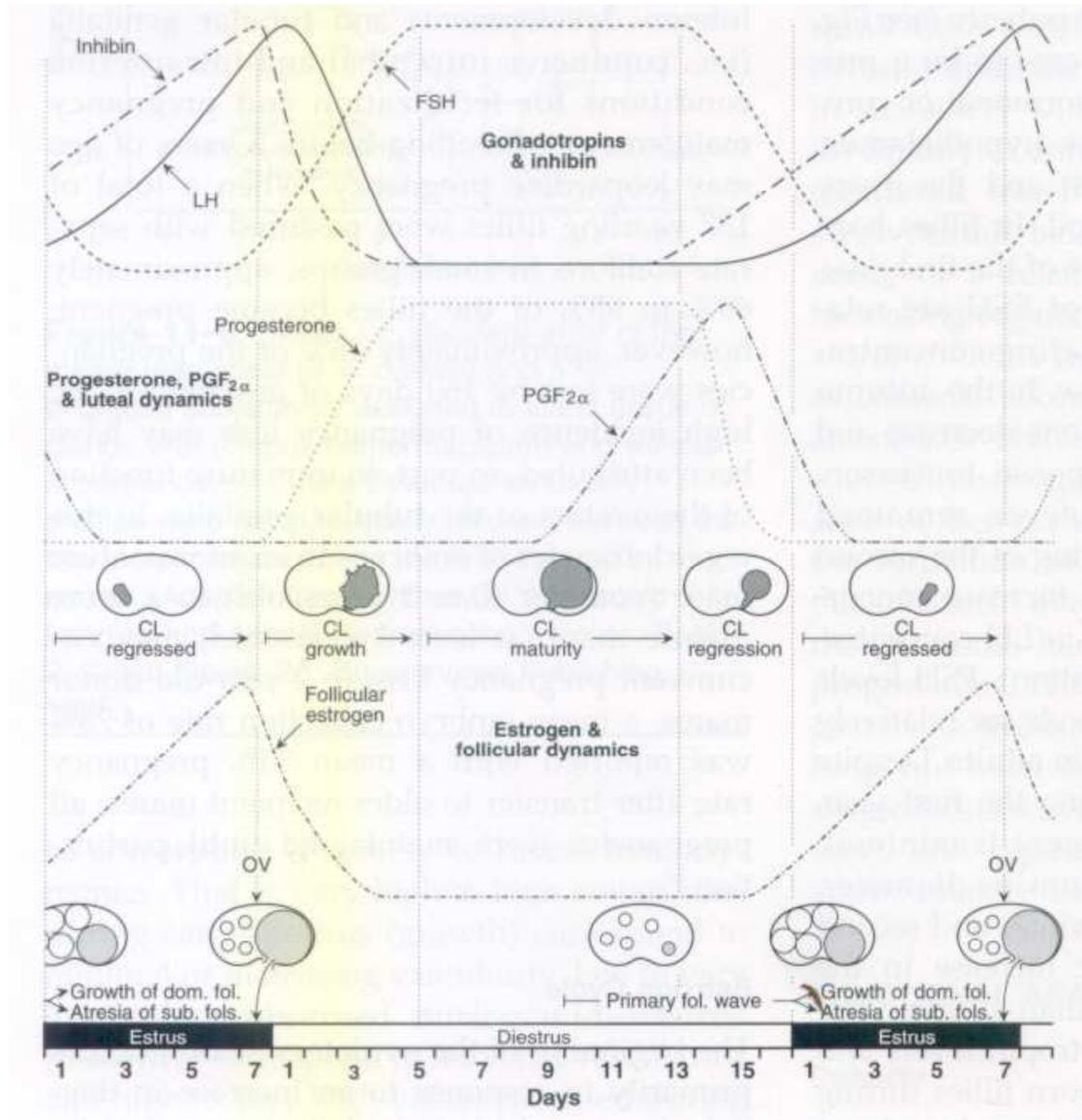


Figure14 : le cycle œstral et la dynamique des vagues folliculaire.

1.1. Le cycle œstral :

L'activité reproductive est régulée par la photopériode mais aussi par la nutrition et le climat, principalement la température (Daels et Hughes, 1993).

La jument est une espèce polyœstrienne saisonnière de jours « longs », à savoir que les cycles sexuels se succèdent sans interruption au cours du printemps et de l'été (saison sexuelle). Le cycle œstral est défini comme l'ensemble des modifications périodiques morphologiques, histologiques et physiologiques des organes génitaux et de la glande

Application de l'échographie au suivi ovarien au cours du cycle œstral chez la jument

mammaire auxquelles sont jointes des modifications comportementales. Ces modifications créent toutes des conditions favorables à l'accouplement, la migration des gamètes, la fécondation, la nidation et la gestation. Ce cycle, dure en moyenne 21 jours et comprend deux phases (Hughes et al. 1975 ; Daels et Hughes, 1993) :

- **L'œstrus** (5 à 7 jours) correspond à une période de réceptivité de la femelle au mâle et de préparation du tractus génital à recevoir la semence. Durant cette phase, un ou plusieurs follicules dominants croient jusqu'à se rompre (ovulation) 24 à 48 heures avant la fin de l'œstrus
- **Le dioestrus** est une période de refus de l'étalon par la jument et de préparation du tractus génital à recevoir et nourrir le conceptus. Suite à l'ovulation, le follicule rompu laisse place à un corps jaune, ou corps lutéinique, qui persiste 14 à 15 jours avant de régresser (luteolyse) en l'absence de gestation.

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

1.2. Les vagues folliculaires :

Tout semble se dérouler selon un schéma classique : sélection d'un groupe de follicules, dans ce groupe, sélection d'un follicule destiné à ovuler. Cependant, il a été énoncé antérieurement la notion de vague folliculaire. Ces vagues folliculaires ne sont pas confinées à la seule phase folliculaire chez la jument (FORTUNE J.E, 1994).

Il est ainsi possible de définir plusieurs types de vagues folliculaires (GINTHER O.J, 1985) :

Les vagues folliculaires mineures : elles sont caractérisées par un non différenciation des plus gros follicules et n'entraînent pas l'émergence d'un follicule dominant.

Les vagues folliculaires majeures : elles se réfèrent à plusieurs follicules qui croissent initialement de manière synchrone mais qui se dissocient à un moment. Le plus gros follicule, après divergence, est appelé follicule dominant ; les autres, qui s'atrophient ; follicules subordonnés. Le follicule dominant atteint une taille importante et c'est cette caractéristique qui est utilisée pour définir une vague majeure.

Application de l'échographie au suivi ovarien au cours du cycle œstral chez la jument

Chez la jument, dans la majorité des cas, il existe une seule vague folliculaire majeure qui commence à émerger au milieu de la phase lutéale et qui donne une ovulation pendant l'œstrus (GINTHER O.J, 1979. IRVINE CHG, 1981).

Cependant, un tiers des juments semble présenter deux vagues folliculaires. (SIROIS S, BALL B.A, FORTUNE J.E ,1990) Cette observation a permis à Ginther et Bergfeld de définir deux types différents de vagues folliculaires majeures (GINTHER O.J, BERGFELT D.R 1992) :

La vague folliculaire majeure primaire : elle émerge au milieu de la phase lutéale et donne naissance à un follicule dominant ovulant pendant l'œstrus.

La vague folliculaire majeure secondaire : elle émerge à la fin de l'œstrus, donnant naissance à un follicule dominant pendant la phase lutéale. Ce follicule peut devenir anovulatoire ou donner une deuxième ovulation en phase lutéale. L'existence d'un gros follicule en phase lutéale peut être attribuée à une vague folliculaire majeure secondaire (SIROIS S, BALL B.A, FORTUNE J.E ,1990. GINTHER O.J, 1990).

D'après Ginther (1993), chez toutes les juments présentant une deuxième vague folliculaire, l'utérus présente bien toutes les caractéristiques de dioestrus et le corps jaune est visible pendant tout le temps où le deuxième follicule dominant est présent. Dans son étude, tous les follicules issus de la deuxième vague étaient anovulatoires cependant ceux-ci peuvent ovuler (IRVINE CHG, 1981) entraînant une double ovulation : la première ayant lieu pendant l'œstrus et la seconde pendant le dioestrus.

Ginther (1993) a observé que la croissance du follicule dominant issu de la vague folliculaire majeure secondaire ne diffère pas pendant les 8 premiers jours de celle du follicule dominant issu de la vague folliculaire majeure primaire. Cependant, la divergence follicule dominant et subordonné se produit plus précocement ce qui ne permet pas au follicule d'atteindre une taille aussi importante. Ceci est en accord avec les observations de Sirois, Ball et Fortune (1990).

Lors de ces observations, Ginther (1993) a mis en évidence de nombreuses vagues folliculaires mineures en association avec des vagues folliculaires majeures. Le corps jaune, formé suite à une ovulation dioestrals, présente les mêmes caractéristiques que celui formé lors d'une ovulation œstrale. Le cycle n'est pas affecté par cette ovulation.

2. Echographie des ovaires :

L'observation des ovaires est possible, en plaçant directement et successivement la sonde contre chaque ovaire. Le stroma ovarien peut être visualisé dans sa totalité. Les sections horizontales des ovaires sont obtenues en imposant à la sonde une rotation latérale tout en la maintenant dans sa localisation initiale. Les sections verticales sont obtenues en mobilisant la sonde selon le même axe.

2.1. Les follicules :

L'échographie permet ainsi de visualiser la dynamique folliculaire et les changements lutéaux sans avoir d'effet invasif sur la reproduction. Les ovaires et leur contenu folliculaire sont observés sur l'écran. Les liquides apparaissent anéchogènes et les tissus échogènes. Conséquence pratique, les follicules apparaissent comme des structures circulaires anéchogènes. Les surfaces folliculaires irrégulières pouvant être observées sont attribuables à une compression d'un autre follicule, du stroma ovarien ou d'autres structures lutéales (CHEVALIER F, PALMER E, 1982).

La croissance folliculaire peut être observée grâce à un suivi journalier permettant ainsi de déterminer à quel moment du cycle la jument se situe. Chaque diamètre folliculaire peut ainsi être mesuré. Ceci présente de l'importance en ce qui concerne le follicule préovulatoire : dès que la valeur seuil est atteinte (44 mm pour une ovulation simple et 35 mm pour une ovulation double), on pourra considérer que celui-ci est prêt à ovuler. Il existe une limite à l'observation de la croissance folliculaire : les follicules doivent présenter une taille supérieure à 8 mm de diamètre (SQUIRES E.L, VOSS J.L, VILLAHOZ M.D, SHIDELER R.K, 1984).

L'ovulation en elle-même est difficilement observable ce qui n'est pas le cas pour le corps jaune. La différenciation du corps jaune par rapport à un follicule est aisée et ceci précocement durant le dioestrus : ce qui est difficile à réaliser par voie transrectale. L'observation d'un corps jaune permet le constat d'ovulation (TORBECK R.L, RANTANEN N.W, 1982).

2.2. Le corps jaune :

Chez la jument, la **formation du corps jaune** est davantage intraovarienne que chez la vache. Son diagnostic par palpation rectale est habituellement considéré comme difficile par le clinicien. Par contre, par échographie il est possible de le mettre en évidence dans 88% des cas. Les études échographiques du développement

Application de l'échographie au suivi ovarien au cours du cycle œstral chez la jument

lutéal ont permis de distinguer deux types d'images correspondant à deux évolutions possibles du corps jaune après l'ovulation. Dans le premier cas, le corps jaune apparaît uniformément échogène tout au long de la phase diœstrale. Selon les auteurs, cette évolution survient dans 9 à 50% des cas. Dans le second cas, la structure lutéale présente une zone anéchogène centrale (sang) au sein de laquelle on peut observer des spots plus échogènes (amas de globules rouges) voire un réseau de fibrine (corpus luteum haemorrhagicum). Cette évolution survient davantage lors de la double ovulation. La proportion de tissu lutéal présentant une échogénéité est minimale 3 jours après l'ovulation mais augmente ensuite progressivement au cours du diœstrus. Ces deux types de structure lutéale n'induisent pas une durée différente de la phase diœstrale. Cependant des études complémentaires relatives aux concentrations plasmatiques de la progestérone et à la fertilité apparaissent nécessaires. Néanmoins, il semble bien déterminé que la formation d'un corps jaune hémorragique ne constitue pas une étape indispensable à la formation d'un corps jaune (Hanzen Ch., Laurent Y., Jakovljevic S, 1993).

Au cours de la gestation, la jument présente la particularité de développer des corps jaunes accessoires. Leur nombre est variable et compris entre 3 et 10. Leur dénombrement n'est pas toujours possible et ils sont peu différenciables du corps jaune principal. La présence de follicules doit être considérée comme normale au cours du 2^{ème} mois de gestation. (Carleton C.L. 1997).

L'échographie permet enfin de confirmer la **persistance d'un corps jaune** pendant plus de trois semaines et donc, en l'absence d'une vésicule embryonnaire, d'effectuer le diagnostic de pseudo-gestation. Cet état se caractérise par la persistance d'un corps jaune fonctionnel, l'absence d'œstrus pendant 2 mois, un utérus ferme, un col fermé, une muqueuse vaginale pâle, une intense croissance folliculaire. Le plus souvent cet état fait suite à une mortalité embryonnaire. (Ginther O.J.1992).

LA PARTIE

EXPERIMENTALE

Matériels et méthodes :

1. Matériels :

1.1. Lieux de l'expérimentation :

Notre étude a été effectuée au niveau du Haras Nationale Chaouchaoua de Tiaret, durant l'année 2011-2012.

La jumenterie de Tiaret chaou-chaoua fut créée en 1877 par le ministère de la guerre afin de fournir des chevaux pendant la période coloniale. Des lignées ont vu le jour à Chaou-Chaoua, on citera, Wadha, Nimrin qui sont à l'origine des lignées : Polonaise, Maghrébine et Française, et les étalons : Bongo, Masboute, Gouta...etc.

À l'heure actuelle la jumenterie de Tiaret constitue le principal fournisseur de chevaux pour les courses hippiques tout en maintenant le modèle et le type originale à travers un capital génétique de grande valeur. Elle dispose par ailleurs, d'un potentiel génétique unique.

1.2 Effectif de l'expérimentation :

L'étude a porté sur trois juments suitées où on a suivi la dynamique folliculaire, afin d'obtenir des résultats moyens sur la durée du cycle œstral et sur le diamètre de follicule ovulatoire qui aboutit à une gestation après la saillie, et des vésicules embryonnaires pendant la gestation.

1.3. Durée de l'expérimentation :

La saison administrative est comprise entre le 15 février et le 30 juin, on comprend mieux l'intérêt d'avancer la saison de reproduction de la jument le plus tôt possible dans l'année tout en tenant compte des contraintes administratives et de physiologie de la jument (Vincent, Pierre ,André Duret,2005).

1. 4. Echographe utilisés :

L'échographe utilisé : SIUI CTS-7700V avec une technologie de sonde linéaire à large bande afin de permettre une utilisation à 3 niveaux de fréquence. (figure13)

En médecine équine la sonde linéaire rectale peut être utilisée à la fois en gynéco et en examens articulaires et tendineux.

La fréquence utilisée : 7.5 MHz dans notre examen échographique.

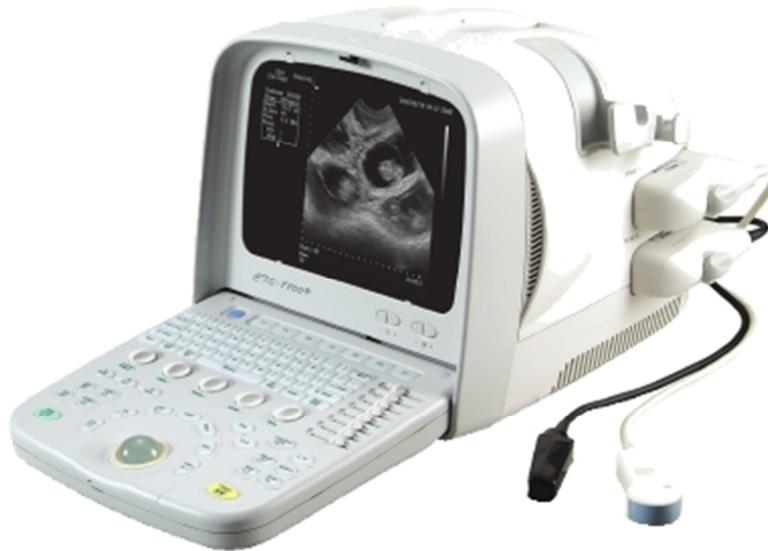


Figure15 : échographe SIUI CTS-7700V

Caractéristiques:

- Image haute résolution: technologie digitale
- Clavier ergonomique
- Sondes triple fréquence
- Moniteur 12 pouces
- Double connecteur sondes
- 2 ports USB
- Balayage linéaire ou micro-convexe
- Différents modes de balayage: B, B/M, B+B, M
- Cineloop 64 écrans en mode B et 256 sec en mode M
- Fréquences de sonde disponibles: de 4 à 10MHz
- Focus électronique: 4 niveaux de focalisation avec ouverture variable
- Zoom: x1, x1.5, x2 et possibilité de déplacer l'image vers le bas et vers le haut
- Traitement de l'image: pré-processing, corrélation-processing, interpolation
- Mesures et calculs: distance, surface, contour, rythme cardiaque, durée de gestation
- Mode d'affichage: gauche-droite et haut-bas
- Affichage écran: ID, date, heure, fréquence, gain, zoom, focus, commentaire, ...
- Alimentation électrique: 110/220V, 80VA

- Poids 11 Kg
- Taille 405x295x260MM
- Transfert d'images en JPEG, BMP ou TIFF par sortie RS 232C

Configuration standard:

- Unité centrale
- Sonde rectale 5 - 7.5 - 10MHz et/ou microconvexe 4 - 5 - 7.5MHz
- Housse anti-poussières, câble, mode d'emploi

Options:

- Imprimante vidéo
- Sortie DICOM 3 pour intégration dans un logiciel PACS
- Guide sonde
- Trolley

2. Méthodes :

2.1. Choix et Préparation des juments :

Les juments Pur- Sang- Arabe choisies sont jeunes, suitées en bon état d'embonpoints. Ces juments reçoivent un régime alimentaire composé de granulés, d'orge, de foin et de paille comme litière et un supplément grossier.

Des traitements ont été utilisés par mesures prophylactiques on cite la vaccination contre la rage, et la vermifugation contre certaines parasitoses, et les traitements curatifs contre certaines pathologies.

2.2. Méthodes d'examen échographique :

Les juments vont passer le 8^{ème} (voir le 9^{ème}) jour après le mise-bas pour voir s'il y a présence d'un follicule, leurs diamètres et leurs croissances; et on n'oublie pas de vérifier l'involution utérine ; la présence des liquides utérins, leur quantité, la présence des kystes, sa localisation et ses dimensions ; de là les vétérinaires responsables vont décider si la jument va passer à la saillie ou non.

Pour le diamètre de follicule ovulatoire, il varie d'une jument à une autre, et durant notre examen, la jument qui atteint le diamètre pré ovulatoire, va passer au soufflage, si elle présente de signes de chaleur, on fait la saillie. 48h après la saillie, on fait passer la jument à un examen échographique, s'il y a ovulation, on va la programmer à un autre examen à J14, puis si la gestation est confirmée à ce jour

(gestation positive), on va suivre le développement de la vésicule embryonnaire pendant différents stades.

En cas où le follicule n'a pas ovulé, on va la présenter à une deuxième saillie, puis on suit le même protocole précédant.

Le manipulateur a effectué une première palpation transrectale avec un gant lubrifié, pour vidanger le rectum et examiner l'appareil génital. Après une nouvelle lubrification de la main, la sonde échographique est introduite, placée dans le creux de la main afin d'éviter les traumatismes lors des mouvements de la jument ou des contractions des muscles du rectum, et de libérer les doigts qui pouvaient contrôler la progression dans le rectum.

À l'échographie, on repérera tout d'abord la vessie : du fait de sa grande cellularité, physiologique chez la jument, l'urine renvoie de nombreux échos, et apparaît grise.

Au-dessus de cette image d'échogénicité moyenne, on visualise une coupe longitudinale du col, que l'on suit ; on verra alors le corps utérin en coupe longitudinale. On suit cette structure jusqu'à la bifurcation des cornes : l'image en coupe longitudinale disparaît alors, et on visualise une corne en coupe transversale en inclinant légèrement la sonde sur un côté. Ensuite, on fait subir à la sonde une translation en gardant cette image en coupe transversale jusqu'à parvenir à l'ovaire.

L'examen de l'ovaire chez la jument peut se révéler délicat. Certaines structures ne seront pas visibles sur une première image (l'échographie donnant des images de tranches d'ovaire), et l'on devra s'assurer que l'ovaire a été exploré intégralement, afin de ne pas faire d'erreur par défaut : le corps jaune, en particulier, non palpable du fait de sa localisation intra-ovarienne dans la fosse d'ovulation, risque de passer inaperçu lors d'un examen trop rapide.

Une partie de tube digestif est visible aussi : au-dessous de la corne utérine gauche, on peut généralement voir une structure ondulée très échogène, il s'agit de la paroi du colon dorsal gauche ; sa forte échogénicité est due à l'interface qu'elle crée avec les gaz intestinaux.

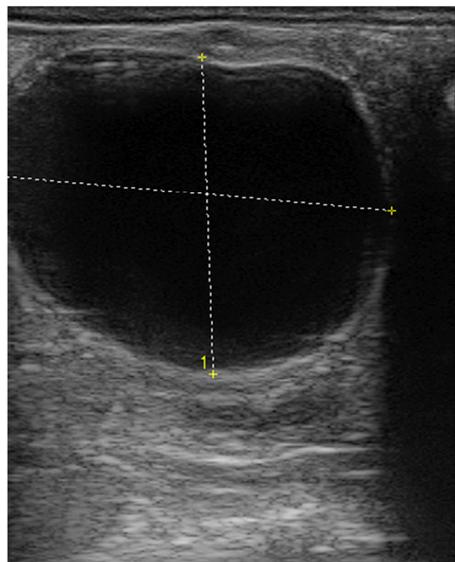
Résultats et Discussions :

Durant notre diagnostique de gestation on a obtenue les résultats suivant :



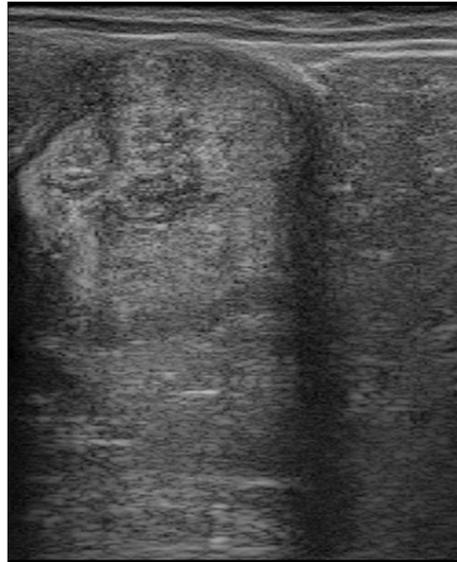
Cliché01 : Coupes transversales de corne utérine en œstrus.

Cliché01 : la lumière de l'utérus est visible du fait de la présence de liquide, constitué des sécrétions utérines, l'œdème des plis de l'endomètre fait alterner des parties fortement échogènes et des partie peu échogènes. Il en résulte l'aspect en rayons de roue caractéristique des chaleurs.



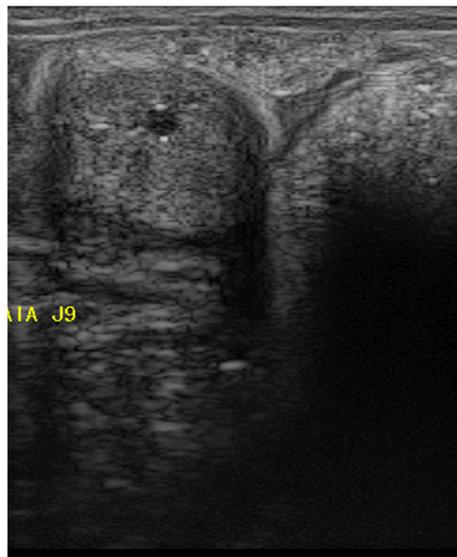
Cliché02 : follicule pré-ovulatoire sur l'ovaire gauche.

Cliché02 : le follicule d'un diamètre de 4,21 cm verticalement et 3,51cm horizontalement, c'est une vésicule remplie de liquide anéchogène, d'une forme ronde et leur paroi non visible.



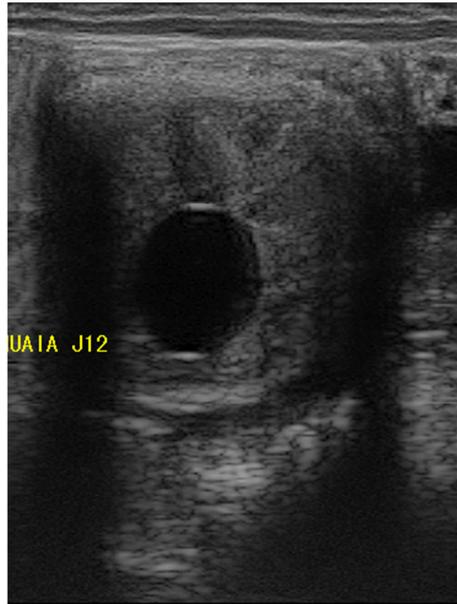
Cliché03 : corps jaune hémorragique sur l'ovaire droit.

Cliché03 : Les corps jaunes hémorragique, caractérisés par la présence d'un caillot sanguin central. La partie centrale anéchogène apparait dans les jours suivants. Elle est entourée d'une paroi de tissu lutéal échogène dont l'épaisseur varie pendant le cycle.



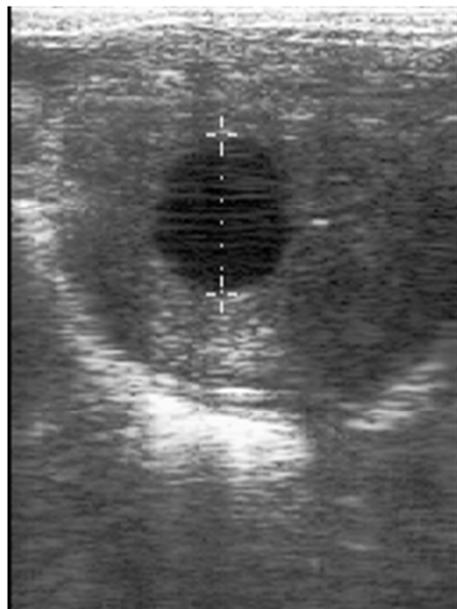
Cliché04 : vésicule embryonnaire à J9.

Cliché04 : la vésicule embryonnaire est en effet le premier signe de gravidité visible. En moyenne, on peut commencer à pratiquer un diagnostic de gestation vers J9. D'un diamètre dans ce cas bien visible.



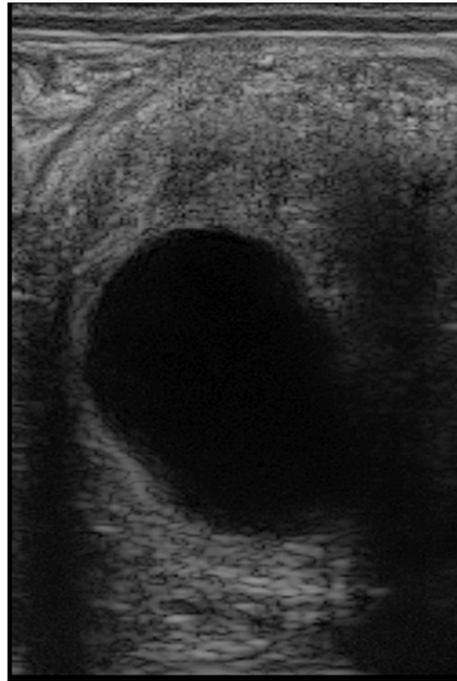
Cliché05 : vésicule embryonnaire à J12.

Cliché05 : à J12 la détection de la vésicule devient plus facile, mais la mobilité de la vésicule embryonnaire demande un examen minutieux de l'utérus dans son intégralité.



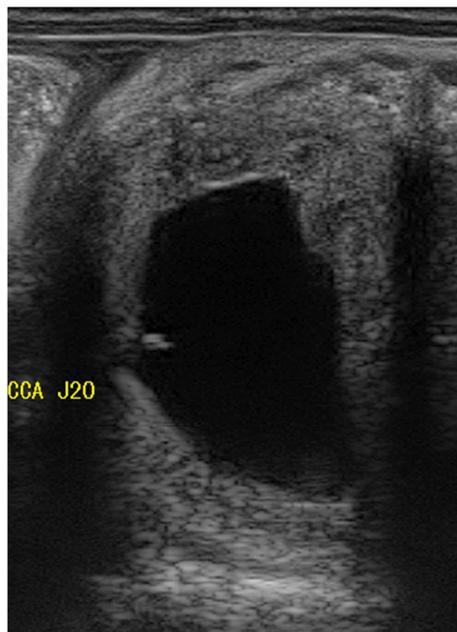
Cliché06 : vésicule embryonnaire à j14.

Cliché06 : vésicule embryonnaire à 14ème jour. La vésicule embryonnaire sphérique est au centre de la corne utérine et a un diamètre de 19mm. La vésicule embryonnaire croît à un rythme d'environ 3,5 mm / jour à ce stade précoce de la grossesse et reste très mobile, ce qui rend un examen approfondi de toutes les parties de l'utérus importante



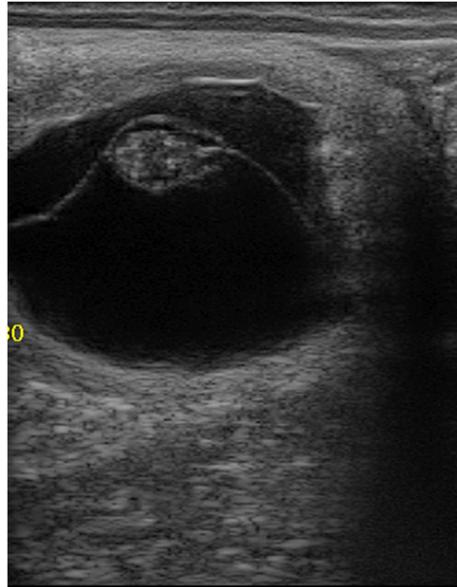
Cliché07 : vésicule embryonnaire à j16.

Cliché07 : gestation au 16ème jour. La vésicule embryonnaire se fixe a la base des cornes utérines (la nidation peut alors avoir lieu), sa forme n'est plus sphérique, mais elle devient déformable, et prend une forme ovale, piriforme, voire même irrégulière.



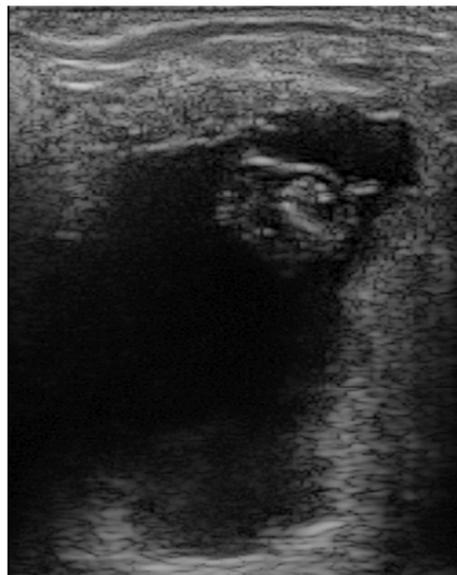
Cliché08 : vésicule embryonnaire à J20.

Cliché08 : vésicule embryonnaire à J20. Le conceptus devient visible, sous forme d'un point très échogène posé sur la paroi de la vésicule embryonnaire, accolé à l'endomètre.



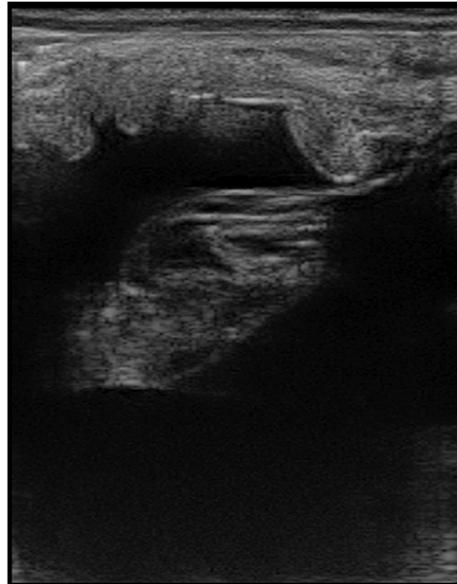
Cliché09 : vésicule embryonnaire à J30.

Cliché09 : vésicule embryonnaire à J30. Les battements cardiaques deviennent visibles et la vésicule embryonnaire est divisée en deux par une membrane échogène correspondant à la limite entre les cavités vitelline et allantoïdienne.



Cliché10 : vésicule embryonnaire à J35.

Cliché10 : vésicule embryonnaire à J35. L'embryon flotte très hautement dans la vésicule embryonnaire, le sac vitellin a presque disparu.



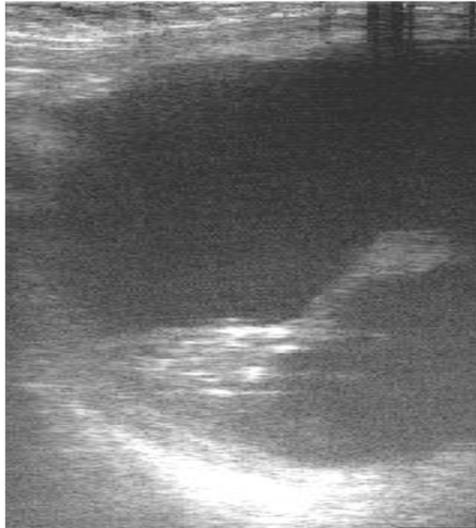
Cliché11 : gestation à J41.

Cliché11 : gestation à J41. le conceptus retourne en position ventrale de la vésicule ; suspendu par le cordon (« corde » échogène) qui s'allonge et reste attaché à la paroi dorsale de la vésicule.



Cliché12 : gestation à J45.

Cliché12 : gestation à J45. En remarque le fœtus en bas de l'image échographique avec une proéminence du cordon ombilical.



Cliché13 : gestation à J60.

Cliché13 : gestation à J60. le fœtus baigne dans le liquide amniotique avec augmentation du volume de ce dernier.



Cliché14 : gestation à J120.

Cliché14 : gestation à J120. A partir de J 75 on ne peut pas visualiser la totalité du fœtus, mais on peut voir une partie ou une image anéchogène qui représente les liquides qui entourent le conceptus.

conclusion :

Une meilleure efficacité dans la reproduction de la jument n'est possible que par une meilleure connaissance et compréhension des événements conduisant à la gestation. À l'heure actuelle, il existe beaucoup de méthodes de diagnostic de fertilité (palpation transrectale, échographie, endoscopie, examens bactériologique, cytologique et histologique...)

Le suivi échographique est une méthode de choix, qui a permis un progrès significatif en termes de fécondité (95% au lieu de 77%), sans compter l'avancement des dates de gestation, ce qui est hautement apprécié par l'éleveur.

Cependant, ces résultats ne sont encore que partiels et mériteraient d'être confirmés par le suivi échographique d'un plus grand nombre de juments en reproduction.

Donc l'échographe est un moyen indispensable pour la gestion de notre cheptel équin de point de vue économique et caractères de performances.



V. Références Bibliographique :

1. *N. Hagen, V. GAYRARD P.L. TOUTAIN 2000 ; L'ECHOGRAPHIE DE L'APPAREIL GENITAL DE LA VACHE*
2. *Chloé Juillien, 2003 ; Intérêts diagnostique et pronostique de l'échographie fœtale chez les bovins clonés.*
3. *Le Roux-Kouman Louise, 2002 ; pratique et interets de l'échographie chez les animaux de rente*
4. *Hanzen Ch ,2008 ; La propédeutique de l'appareil génital de la jument*
5. *Ginther, 1995 ; Uterus. Ultrasonic imaging and animal reproduction: horses. Book2. Cross Plains: Equiservices , pp. 89-119.*
6. *Reef, et al, 1998, V.B., Sertich, P.L. et Turne, R.M.R. 1998. Equine Diagnostic Ultrasound. Philadelphia : W.B.Saunders Company. 560 p.*
7. *Kähn, 1994 ; Diagnostic échographique chez la jument. Atlas de diagnostics échographiques. Paris : Maloine, pp. 11-82.*
8. *Mc Kinnon et al, 1993 ; Diagnostic ultrasonography. In : A.O. McKinnon et J.L. Voss. Equine Reproduction. Philadelphia : Lea & Febiger, pp. 266-302.*
9. *Buisson, 2008 ; Imagerie : Atlas d'images échographiques normales et anormales chez la jument. Le Nouveau Praticien Vétérinaire Equine . Vol. 5, 18, pp. 29-34.*
10. *Betsch, 1992 ; Diagnostic de l'infertilité d'origine cervico-utérine chez la jument. Rec. Méd. Vét. Spécial Reproduction des Equidés. Vol. 168, 11/12, pp. 1011-1027.*
11. *Allen, 1988; Fertility and Obstetrics in the Horse. Oxford: Blackwell Scientific Publications.173 p.*
12. *Flood, 1993; Fertilization, early development, and the establishment of the placenta. In : A.O. McKinnon et J.L. Voss. Equine Reproduction. Philadelphia : Lea & Febiger, pp. 473-485. Ganjam et al, 1975 Plasma progestagens in cyclic, pregnant and post-partum mares. J. Reprod. Fert., Suppl. 23. pp. 441-447.*
13. *Barone et Poirier, 1955 ; La muqueuse utérine de la jument. Rev. Méd. Vét. pp. 441-451.*
14. *Collin,2005 Appareil génital femelle. Anatomie du cheval. Liège : Editions Derouaux Ordina, III, pp. 358-372.*
15. *Barone, 2001 Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 4 . Splanchnologie II .Appareil uro-génital. Foetus et annexes. Péritoine et*

- Topographie abdominale. 3e Edition. Paris :Vigot, 2001. 896 p.;*
16. *Daels et Hughes, 1993; The normal estrus cycle. In : A.O. Mc Kinnon et J.L. Voss. Equine reproduction. Philadelphia: Lea & Febiger, pp. 121-132.*
 17. *Hughes, J.P., Stabenfeldt, G.H. et Evans, J.W. 1975; The oestrous cycle of the mare. J.Reprod.Fert., Suppl.23., pp. 161-166*
 18. *Sharp ET Davis, 1993; Vernal transition. In : A.O. Mc Kinnon et J.L. Voss. Equine*
 19. *Reproduction. Philadelphia: Lea & Febiger, pp. 133-143.*
 20. *FORTUNE J.E, 1994; Ovarian follicular growth and development in mammals. Biology of reproduction.*
 21. *GINTHER O.J, 1985; Dynamic physical interactions between the equine embryo and uterus. Equine veterinary journal.*
 22. *GINTHER O.J, 1979; Reproductive biology of the mare. Basic and applied aspects. Published by equiservices, Cross plains. 1nd ed Wisconsin.*
 23. *IRVINE CHG, 1981; Endocrinology of the estrus cycle of the mare: applications to*
 24. *embryo transfert. Theriogenology*
 25. *SIROIS S, BALL B.A, FORTUNE J.E ,1990; Patterns of growth and regression of*
 26. *Ovarian follicles during the oestrus cycle and after hemiovariectomy in mares .Equine veterinary journal.*
 27. *GINTHER O.J, BERGFELT D.R1992; Ultrasonic characterization of follicular waves in mare without maintaining identity of individual follicles. Journal equine veterinary science.*
 28. *CHEVALIER F, PALMER E, 1982; Ultrasonic echography in the mare. Journal of*
 29. *reproduction and fertility.*
 30. *SQUIRES E.L, VOSS J.L, VILLAHOZ M.D, SHIDELER R.K, 1984; Use of ultrasound in broodmare reproduction. Proceeding American Association of Equine practitioner , Ultrasound short course, Colorado.*
 31. *TORBECK R.L, RANTANEN N.W, 1982 Early detection in mare with ultrasonography. Journal of equine veterinary science.*
 32. *Hanzen Ch., Laurent Y., Jakovljevic S, 1993 ; Applications de l'échographie en reproduction bovine. 1. L'utérus gestant et nongestant.*
 33. *Carleton C.L. 1997; Clinical examination of the non-pregnant female reproductive tract.In Current therapy in marge animal theriogenology, Youngquist R.S., Saunders Company.*
 34. *Ginther O.J.1992; Reproductive biology of the mare: Basic and applied aspects.*

35. Published by Equiservice INC, Cross plain. 2nd ed. Wisconsin.

*36. Vincent, Pierre ,André Duret,2005 ; Preimplantation growth factor physiology. Rev
Reprod.*