

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE, AGROALIMENTAIRE  
ET DE L'ALIMENTATION NANTES ATLANTIQUE – ONIRIS

ANNEE 2014

**SUIVI DES IMAGES ECHOGRAPHIQUES DE  
L'UTERUS ET DU COL AU COURS DE L'OESTRUS  
CHEZ LA JUMENT : RECHERCHE DE CRITERES DE  
PREDICTION DE L'OVULATION**

THESE  
pour le  
diplôme d'Etat  
de  
DOCTEUR VETERINAIRE

présentée et soutenue publiquement  
le 8 juillet 2014  
devant  
la Faculté de Médecine de Nantes  
par

**Chloé GUIHARD**

Née le 18 mai 1988 à Saint-Nazaire (44)

JURY :

Président :

Monsieur Henri-Jean PHILIPPE, Professeur à la faculté de médecine de Nantes

Membres :

Monsieur Jean-François BRUYAS, Professeur en pathologie de la Reproduction à Oniris

Madame Marion FUSELIER, Maître de conférences en Imagerie médicale à Oniris



ECOLE NATIONALE VETERINAIRE, AGROALIMENTAIRE  
ET DE L'ALIMENTATION NANTES ATLANTIQUE – ONIRIS

ANNEE 2014

**SUIVI DES IMAGES ECHOGRAPHIQUES DE  
L'UTERUS ET DU COL AU COURS DE L'OESTRUS  
CHEZ LA JUMENT : RECHERCHE DE CRITERES DE  
PREDICTION DE L'OVULATION**

THESE  
pour le  
diplôme d'Etat  
de  
DOCTEUR VETERINAIRE

présentée et soutenue publiquement  
le 8 juillet 2014  
devant  
la Faculté de Médecine de Nantes  
par

**Chloé GUIHARD**

Née le 18 mai 1988 à Saint-Nazaire (44)

JURY :

Président :

Monsieur Henri-Jean PHILIPPE, Professeur à la faculté de médecine de Nantes

Membres :

Monsieur Jean-François BRUYAS, Professeur en pathologie de la Reproduction à Oniris

Madame Marion FUSELIER, Maître de conférences en Imagerie médicale à Oniris



## ENSEIGNANTS-CHERCHEURS DE ONIRIS

### Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique

Directeur Général : Pierre SAI (Pr)

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE, PATHOLOGIE ET SCIENCES DE L'ALIMENT		
NUTRITION et ENDOCRINOLOGIE	Patrick NGUYEN (Pr) Henri DUMON (Pr)	Brigitte SILIART (Pr) Lucile MARTIN (Pr)
PHARMACOLOGIE et TOXICOLOGIE	Yassine MALLEM (MCC) Martine KAMMERER (Pr) Jean-Dominique PUYT (Pr)	Hervé POULIQUEN (Pr) Jean-Claude DESFONTIS (Pr)
PHYSIOLOGIE FONCTIONNELLE, CELLULAIRE et MOLECULAIRE	Lionel MARTIGNAT (MC) Jean-Marie BACH (Pr)	Julie HERVE (MC)
HISTOLOGIE ET ANATOMIE PATHOLOGIQUE	Yan CHEREL (Pr) Jérôme ABADIE (MC)	Frédérique NGUYEN (MC) Marie-Anne COLLE (Pr)
PATHOLOGIE GENERALE, MICROBIOLOGIE et IMMUNOLOGIE	Jean-Marc PERSON (Pr) Jean-Louis PELLERIN (Pr)	Hervé SEBBAG (MC) Emmanuelle MOREAU (MC)
BIOCHIMIE ALIMENTAIRE INDUSTRIELLE	Laurent LE THUAUT (MC) Thierry SEROT (Pr) Joëlle GRUA (MC)	Carole PROST (Pr) Florence TEXIER (MC) Mathilde MOSSER (MCC)
MICROBIOLOGIE ALIMENTAIRE INDUSTRIELLE	Xavier DOUSSET (Pr) Bénédicte SORIN (Chef de travaux) Bernard ONNO (MC)	Hervé PREVOST (Pr) Emmanuel JAFFRES (MC) Nabila Haddad (MC)
DEPARTEMENT DE SANTE DES ANIMAUX D'ELEVAGE ET SANTE PUBLIQUE		
HYGIENE ET QUALITE DES ALIMENTS	Michel FEDERIGHI (Pr) Bruno LE BIZEC (Pr) Catherine MAGRAS-RESCH (Pr)	Eric DROMIGNY (MC) Marie-France PILET (MC) Jean-Michel CAPPELLIER (MC)
MEDECINE DES ANIMAUX D'ELEVAGE	Arlette LAVAL (Pr émérite) Catherine BELLOC (MC) Isabelle BREYTON (MC) Christophe CHARTIER (Pr)	Alain DOUART (MC) Sébastien ASSIE (MC) Raphaël GUATTEO (MC) Mily LEBLANC MARIDOR (MCC)
PARASITOLOGIE GENERALE, PARASITOLOGIE DES ANIMAUX DE RENTE, FAUNE SAUVAGE et PATHOLOGIE AQUACOLE	Monique L'HOSTIS (Pr) Alain CHAUVIN (Pr) Albert AGOULON (MC))	Guillaume BLANC (MC) Ségolène CALVEZ (MC)
MALADIE REGLEMENTEE, ZONOSSES et REGLEMENTATION SANITAIRE	Jean-Pierre GANIERE (Pr émérite) Suzanne BASTIAN-ORANGE (MC)	Nathalie RUVOEN-CLOUET (MC) Carole PEROZ (MC)
ZOOTECHE, ECONOMIE	Aurélien MADOUASSE (MCC) Xavier MALHER (Pr) François BEAUDEAU (Pr)	Christine FOURICHON (MC) Nathalie BAREILLE (Pr)
DEPARTEMENT DE SCIENCES CLINIQUES		
ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES	Patrick COSTIOU (Pr) Eric BETTI (MC)	Claire DOUART (MC) Claude GUINTARD (MC)
PATHOLOGIE CHIRURGICALE et ANESTHÉSIOLOGIE	Olivier GAUTHIER (Pr) Béatrice LIJOUR (MC)	Gwenola TOUZOT-JOURDE (MCC) Olivier GEFFROY (Pr)

	Eric AGUADO (MC) Caroline TESSIER (MCC)	Eric GOYENVALLE (MC)
DERMATOLOGIE, PARASITOLOGIE DES CARNIVORES ET DES EQUIDES, MYCOLOGIE	Patrick BOURDEAU (Pr)	Vincent BRUET (MCC)
MEDECINE INTERNE, IMAGERIE MÉDICALE et LEGISLATION PROFESSIONNELLE VÉTÉRINAIRE	Yves LEGEAY (Pr) Dominique FANUEL (Pr) Anne COUROUCE-MALBLANC (MC) Catherine IBISCH (MC) Nicolas CHOUIN (MC)	Marion FUSELLIER (MC) Jack-Yves DESCHAMPS (Pr) Odile SENECAT (MC) Françoise ROUX (MC)
BIOTECHNOLOGIES et PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION	Daniel TAINURIER (Pr) Francis FIENI (Pr) Jean-François BRUYAS (Pr)	Lamia BRIAND (MC) Djemil BENCHARIF (MC)



### DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCÉDES ALIMENTAIRES

Lionel BOILLEREAUX (Pr) Dominique COLIN (MC) Sébastien CURET PLOQUIN (MC) Marie DE LAMBALLERIE (Pr) Dominique DELLA VALLE (MC) Francine FAYOLLE (Pr) Michel HAVET (Pr) Laurence POTTIER (MC)	Vanessa JURY (MC) Alain LEBAIL (Pr) Catherine LOISEL (MC) Jean-Yves MONTEAU (MC) Denis PONCELET (Pr) Olivier ROUAUD (MC) Hélène SIMONIN (MC)
---	--

### DEPARTEMENT DE MANAGEMENT, STATISTIQUE ET COMMUNICATION

SENSOMÉTRIE - CHIMIOMÉTRIE	Véronique CARIOU (MC) Philippe COURCOUX (MC) El Mostafa QANNARI (Pr)	Michel SEMENOU (MC) Chantal THORIN (PCEA) Evelyne VIGNEAU (Pr)
ECONOMIE – GESTION - COMMUNICATION	Pascal BARILLOT (MC) Yvan DUFEU (MC) Marie-Josée LORRAIN (MC) Florence BEAUGRAND (MC)	Jean-Marc FERRANDI (Pr) Samia ROUSSELIÈRE (MC) Vincent HOVLAQUE (Pr)
LANGUES	Franck INSIGNARES (PCEA) Linda MORRIS (PCEA)	Marc BRIDOU (PCEA) Fabiola ASENCIO (PCEA)

**Pr** : Professeur,

**Pr A** : Professeur Associé,

**Pr I** : Professeur Invité,

**MC** : Maître de Conférences,

**MCC** : Maître de Conférences Contractuel,

**AERC** : Assistant d'enseignement et de recherches,

**PLEA** : Professeur Lycée Enseignement Agricole,

**PCEA** : Professeur certifié enseignement agricole

# **REMERCIEMENTS**

**A Monsieur Henri-Jean Philippe,  
Professeur à la faculté de médecine de Nantes,**

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse,  
Hommage respectueux

**A Monsieur Jean-François Bruyas,  
Professeur en pathologie de la Reproduction à Oniris,**

Pour m'avoir proposé ce sujet de thèse des plus intéressants  
Et pour m'avoir accordé votre confiance dans sa réalisation  
Sincères remerciements

**A Madame Marion Fuselier,  
Maître de conférences en Imagerie médicale à Oniris,**

Pour avoir accepté de participer à mon jury de thèse  
Sincères salutations

# REMERCIEMENTS

**A l'entreprise ECM Echo Control Medical,**

Pour nous avoir prêté l'échographe EXAGO, échographe dernière génération, pour nos expériences

Et pour avoir pris le temps de venir nous expliquer son fonctionnement

**Au service de Biotechnologies et Pathologie de la Reproduction et au service de Pathologie Chirurgicale et Anesthésiologie,**

Pour nous avoir prêté les échographes ALOKA et MERLIN pour nos expériences

**A Chantal Thorin**

Pour m'avoir guidée dans mes analyses statistiques



# REMERCIEMENTS

## **A mes parents,**

Papa et Maman, pour avoir toujours cru en moi et m'avoir guidée vers les bons choix au bon moment

Merci pour la belle et heureuse vie que vous nous avez offert

Je vous aime

## **A mes frères,**

A Vincent et Frédo, pour votre amour, votre soutien et votre protection

Je vous aime

## **A mes grands-parents,**

A Papy et Mamie DEINE, pour votre générosité, votre accueil et votre gentillesse

Merci pour avoir construit une si belle et grande famille

A Papy et Mamie Dédé, pour m'avoir transmis cette passion des animaux

## **A la famille Dion,**

A mes oncles et tantes, pour avoir rendu possible ces nombreuses réunions de famille

A mes cousins, pour nos parties de jeux interminables dans le grenier de Papy, pour nos courts métrages au succès incontestable et pour tous ces souvenirs que Cécile saurait bien mieux détailler

La famille...

## **A mes cousins**

Nicolas, Sébastien, Nathalie et Benoît, pour ces moments partagés

## **Aux Rosières équitation,**

A Constance, Margo, Mayo, Alex, Ruddy, Quentin, Fred, pour cette adolescence qui n'aurait jamais été la même sans vous et pour notre amitié qui perdure

A Thierry, parce que tu étais notre moniteur et bien plus

## **A mes potes de Guérande,**

A Benja, Julien, Papane, Le Callo, Anais, Nanous, Dye Dye, Perruche et Flo, pour ces belles années sur la côte et toutes celles à venir

### **Aux filles des studios, et potes de prépa**

A Charlène, Soso, Mathoux, Mel, Maryka, Sabine, Marine, Milon, Bastien, pour ces années de prépa inoubliables, cette première « colocation » et ces craquages WAAAAHH

A Popo, pour tout ce que tu fais pour moi

Et a super copain, parce qu'on est trop copain et que ça va continuer

### **Aux cavaliers de Sobidain,**

A toute la bande, pour votre accueil à mon arrivée et pour ces bons moments qu'on a partagés

### **A mes colocs d'amour,**

A Juliette, pour avoir été là et pour toujours l'être même avec la distance

A Sebou, pour ton côté bricolo absolument indispensable dans notre maison Kamoulox, pour ton rire inimitable mais communicatif et pour ta présence

A Damas, pour ces années de TD dans ce groupe déni de tous et pour notre garde alternée de Flaguos

Et à tous ceux qui ont osé venir y habiter pour une nuit ou plus

Et à notre belle et saine maison, LA COLOCLAN

### **A mes co-parrains du Clan,**

A Marie, Axelle, Nanou, VDB, Parach, Rom P, Béré, Tchouk, Godet, Housty, Dodo, Anna, Clem, Marie, Thomas, Sexy, Bourgui, Chloé pour ces 4 années de poulottage et toutes autres soirées en tout genre et pour les nombreuses amitiés créées

### **Aux poufs poneys**

A Marie, Marie, Clem, Anna et Tifenn pour cette année girly poney power

Une entente et une entraide parfaite !

### **A mes parrains, mes poulots et à tous ceux qui ont fait que ces cinq années soient inoubliables**

A Minette, la grosse Nana, Cookie, Flaguos, Chips, Jerry, Nalou et Quetzalou...





# Table des matières

I.	Introduction.....	19
II.	Matériels et méthodes .....	20
A.	Population étudiée .....	20
1.	Molécules utilisées au cours de l'étude et l'objectif de leur utilisation.....	21
B.	Protocole d'échographie .....	22
1.	Matériel d'échographie .....	22
2.	Lieu d'échographie .....	22
3.	Réalisation .....	22
4.	Images obtenues .....	23
C.	Gestion des données .....	24
1.	Données recueillies .....	24
a)	Description de l'échotexture de l'utérus.....	24
(1)	Corps de l'utérus .....	24
(2)	Col de l'utérus.....	26
b)	Description des ovaires .....	29
c)	Interprétation des images échographiques .....	30
2.	Analyse des données .....	30
III.	Résultats de l'analyse des images échographiques de l'utérus .....	30
A.	Les biais sur les cycles.....	30
1.	Les gestations .....	31
2.	Les accumulations liquidiennes.....	31
a)	Les accumulations liquidiennes après insémination .....	31
b)	Les accumulations liquidiennes anormalement abondantes en l'absence d'insémination 33	
3.	L'absence d'ovulation.....	33
B.	Modalités d'attribution et d'évolution des notes de SEE au cours de l'oestrus .....	34
1.	Etude de la reproductibilité des notes de SEE attribuées entre échographes.....	34
2.	Comparaison des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE.....	34
a)	Modalités d'évolution des notes de SEE au cours de l'oestrus.....	35
b)	Etude de la reproductibilité des facteurs d'interprétation des notes de SEE entre échographes .....	35

c)	Etude de la reproductibilité des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE entre les juments.....	37
(1)	Modalités d'apparition de la note maximale de SEE au cours de l'oestrus .....	37
(2)	Modalité de diminution du SEE avant l'ovulation .....	39
(3)	Modalité de retour à une note de SEE de 0 .....	40
C.	Modalités d'attribution et d'évolution des notes cervicales au cours de l'oestrus .....	41
1.	Etude de la reproductibilité des notes cervicales attribuées entre échographes.....	41
2.	Comparaison des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes cervicales.....	42
a)	Modalités d'évolution des notes cervicales au cours de l'oestrus.....	42
b)	Etude de la reproductibilité des facteurs d'interprétation des notes cervicales entre échographes .....	43
c)	Etude de la reproductibilité des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes cervicales entre les juments .....	44
(1)	Modalités d'apparition de la note cervicale maximale au cours de l'oestrus.....	44
(2)	Modalité de diminution du SEE avant l'ovulation .....	46
(3)	Modalité de retour à une note cervicale de phase lutéale .....	46
IV.	Discussion et perspectives .....	47
A.	Bilan des résultats .....	47
1.	Les notes de SEE au cours de l'oestrus.....	47
a)	Bilan des données relatives à la comparaison des échographes .....	47
(1)	Comparaison des notes de SEE attribuées .....	47
(2)	Comparaison des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE.....	48
b)	Bilan des données relatives à la comparaison des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE entre juments .....	48
(1)	Bilan des données relatives à l'apparition de la note maximale de SEE .....	48
(2)	Bilan des données relatives à la diminution des notes de SEE.....	48
(3)	Bilan des données relatives au retour à une note de SEE de phase lutéale .....	48
c)	Bilan sur l'intérêt du suivi de l'échotexture de l'utérus dans la prédiction de l'ovulation	49
2.	Les notes cervicales au cours de l'oestrus.....	50
a)	Bilan des données relatives à la comparaison des échographes .....	50
(1)	Comparaison des notes cervicales attribuées.....	50
(2)	Comparaison des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes cervicales.....	51
b)	Bilan des données relatives à l'évolution globale du SC au cours de l'oestrus.....	51
c)	Bilan des données relatives aux critères d'évolution des SC au cours de l'oestrus.....	51
(1)	Bilan des données relatives à l'apparition de la note cervicale maximale.....	51

(2)	Bilan des données relatives à la diminution des notes cervicales.....	51
(3)	Bilan des données relatives au retour à une note cervicale de phase lutéale.....	52
d)	Bilan sur l'intérêt du suivi des notes cervicales dans la prédiction de l'ovulation.....	52
3.	Bilan sur l'observation simultanée des 2 systèmes de notation.....	53
a)	Comparaison des résultats fournis par l'étude de ces 2 scores.....	53
b)	Bilan sur l'intérêt du suivi simultané des 2 scores pour la prédiction de l'ovulation.....	55
4.	Bilan sur la comparaison des 3 échographes.....	56
a)	Comparaison de la technicité des échographes.....	56
b)	Des notes attribuées plus ou moins reproductibles entre les échographes.....	58
c)	Une évolution comparable des notes de SEE et cervicales au cours de l'oestrus.....	58
	Malgré la non similitude des notes de SEE et cervicales attribuées, les critères d'interprétation de l'évolution des systèmes de notation au cours de l'oestrus sont assez comparables entre les échographes.....	58
B.	Validité des résultats.....	59
1.	Choix des paramètres de l'étude.....	59
a)	Echantillon de juments utilisées.....	59
b)	Période de l'expérience.....	59
c)	Protocole expérimental.....	60
d)	Echographes et choix des constantes.....	60
e)	Démarrage des suivis.....	60
f)	Rythme d'échographie.....	61
g)	Acquisition et notation des images échographiques.....	61
h)	Analyse statistique.....	62
2.	Ecarts au protocole.....	62
a)	Les échographes utilisés.....	62
b)	Nombre de cycles suivis.....	63
c)	Utilisation de principes actifs.....	63
d)	Les inséminations réalisées et les accumulations liquidiennes après insémination.....	64
e)	Autres biais sur les cycles.....	64
(1)	Les accumulations de liquide anormalement abondantes en l'absence d'insémination.....	64
(2)	L'absence d'ovulation.....	65
C.	Confrontation des résultats avec les données bibliographiques et contribution à la prédiction de l'ovulation.....	65
1.	Le corps de l'utérus.....	65

a)	Des similitudes dans l'évolution de l'échotexture de l'utérus au cours de l'oestrus.....	65
b)	Les effets de la race sur l'évolution de l'échotexture de l'utérus .....	68
c)	Une prédiction de l'ovulation possible mais encore non caractérisée à ce jour .....	69
2.	Le col de l'utérus .....	69
a)	Des résultats encourageants dans la bibliographie.....	69
b)	Des résultats assez différents de notre étude.....	71
c)	Des résultats plus difficilement applicables par tous sur le terrain .....	72
D.	Perspectives.....	72
1.	Les facteurs de variations des notes de SEE au cours de l'oestrus .....	72
2.	Beaucoup de choses à faire sur le col .....	73
	Conclusion .....	74
	Bibliographie.....	76



## Liste des tableaux

Tableau I : Age et race des juments de la population étudiée.....	21
Tableau II : Présentation du système de notation subjectif de l'œdème utérin chez la jument décrit par Samper <i>et al</i> (SEE : score of endometrial edema) (1) .....	24
Tableau III : Images échographiques de coupe transversale de corne utérine correspondant aux notes de SEE attribuées.....	25
Tableau IV : Présentation du système de score subjectif décrivant l'échotexture du col élaboré par Day et al (1995) avec les images correspondantes acquises au cours de l'étude. ....	27
Tableau V : Système de notation de l'échotexture cervicale utilisé lors de l'étude .....	28
Tableau VI : Présentation des juments inséminées avec le nombre d'inséminations réalisées, leur date par rapport au moment de l'ovulation (ovulation notée jour 0) et si une gestation a débuté....	31
Tableau VII : Présentation des juments ayant eu une endométrite au cours de l'oestrus (EPI= endométrite post-insémination ; EPPI= endométrite persistante post-insémination) avec la durée de l'endométrite et l'épaisseur de liquide mesurée à l'échographie .....	32
Tableau VIII : P value obtenues par la confrontation des trois échographes en fonction des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE au cours de l'oestrus .....	36
Tableau IX : P value obtenues par la confrontation des deux échographes, ALOKA et MERLIN en fonction des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE au cours de l'oestrus .....	37
Tableau X : P value obtenues par la confrontation des trois échographes en fonction des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE au cours de l'oestrus .....	43
Tableau XI : Images échographiques de l'utérus (une coupe transversale de corne utérine et une coupe longitudinale de corne utérine) de Salva le 10/07 avec chacun des trois échographes pour lesquelles une note de SEE de 0 a été établie.....	57
Tableau XII : Traitements reçus par les juments et leur causes (en gris les 17 cycles interprétés) .....	63
Tableau XIII : Comparaison des résultats des deux études de Ginther et al (1984, de Hayes et al (1985), (0=jour de l'ovulation) .....	67
Tableau XIV : Présentation des deux grilles de notation décrivant l'aspect échographique du col et l'évaluation de la tonicité du col par palpation transrectale en fonction d'une note cervicale attribuée .....	70
Tableau XV : Comparaison des résultats des deux études de Ginther et al, de Hayes et al et de notre étude .....	71

# Table des illustrations

Figure 1 : Dessin anatomique de l'appareil génital de la jument en vue dorsale (Budraus et al, 2009)	27
Figure 2 : Schémas comparant l'évolution des notes de SEE lors du premier oestrus suivi de Numidia avant et après correction .....	33
Figure 3 : moyennes des notes de SEE des 17 cycles sur les 4,5 jours précédents l'ovulation (0 = jour de l'ovulation).....	35
Figure 4: répartition des cycles en fonction de la date d'apparition de la note maximale de SEE (en pourcentages et pourcentages cumulés).....	37
Figure 5 : Pourcentage des valeurs maximales de SEE atteintes au cours des 17 oestrus suivis .....	38
Figure 6 : répartition des cycles en fonction de la date d'apparition du premier SEE 3 ou 4 (en pourcentages et pourcentages cumulés).....	39
Figure 7: répartition des cycles en fonction de la date de début de diminution de la note de SEE (en pourcentages et pourcentages cumulés).....	40
Figure 8 : répartition de la date de retour au SEE 0 des différents cycles et des cycles où aucune insémination n'a été réalisée (jour 0 = jour de l'ovulation).....	41
Figure 9 : moyennes des notes cervicales des 16 cycles sur les 4,5 jours précédents l'ovulation (0 = jour de l'ovulation) .....	42
Figure 10 : répartition des cycles en fonction de la date d'apparition de la note cervicale maximale (jour 0= jour de l'ovulation).....	44
Figure 11: répartition des cycles en fonction de la date d'observation du premier SC supérieur ou égal à 3 (jour 0= jour de l'ovulation).....	45
Figure 12: répartition des cycles en fonction de la date de début de diminution des notes cervicales (0= jour de l'ovulation).....	46
Figure 13 : répartition des cycles en fonction de la date de retour à une note de 1 ou 2 (0= jour de l'ovulation) .....	47
Figure 14 : répartition des 17 cycles en fonction de la date d'apparition des notes maximales cervicales et de SEE (0= jour de l'ovulation et SC = note cervicale).....	53
Figure 15 : répartition des 11 cycles en fonction de la date d'apparition de la première note cervicale ou de SEE supérieure ou égale à 3 au cours de l'oestrus (0= jour de l'ovulation et SC= note cervicale) .....	54
Figure 16: répartition des 17 cycles en fonction de la date de début de diminution des notes cervicales et de SEE (0= jour de l'ovulation et SC= note cervicale).....	55

## I. Introduction

Le suivi du cycle oestral chez la jument est un sujet prédominant en reproduction équine. Il a pour but de prédire au mieux l'ovulation et ainsi de prévoir au mieux la période d'insémination ou de saillie, ceci dans un souci d'améliorer les performances de reproduction et de diminuer les coûts. Ce suivi régulier des juments mises à la reproduction est aujourd'hui quasi systématique. Il est réalisé grâce à l'observation du comportement de la jument, à la palpation et à l'échographie de l'appareil génital par voie transrectale. Les observations liées au comportement sont assez variables selon la jument (jument peu expressive ou suitée) et nous renseignent seulement sur l'apparition de la période d'oestrus. La palpation transrectale permet d'apprécier la tonicité du col et du corps de l'utérus (replis endométriaux palpables avec l'expérience), la présence de douleur à la palpation des ovaires, la présence, la consistance et l'estimation de la taille de follicules et de l'avancée du cycle (zone de fluctuation devenant de plus en plus souple proche de l'ovulation). Cet examen nous informe sur l'apparition de l'oestrus et nous permet de nous situer approximativement dans le cycle. L'échographie a montré après de nombreuses études, une meilleure capacité à prédire l'ovulation. La première façon de prédire l'ovulation était le suivi échographique de la taille et des modifications de forme du follicule dominant. Ces données sont faciles à utiliser, si le diamètre de l'image du follicule en coupe est supérieur à 35 ou 40mm selon les auteurs et que le follicule perd sa forme sphérique pour une forme ovoïde les juments peuvent être inséminées. Des chercheurs ont aussi remarqué un changement des images échographiques de l'utérus au cours du cycle. En 1984 Ginther et Pierson et en 1985 Hayes *et al* ont décrit l'aspect échographique (ou écotexture) de la paroi utérine grâce à un système de score composé de 3 grades : interoestrus, oestrus et intermédiaire. En effet en dehors de la période oestrale, le corps de l'utérus a une échogénicité homogène. Au fil de l'oestrus, les replis endométriaux deviennent visibles avec une alternance de plages hypo et hyperéchogènes ; les plages hyperéchogènes correspondant aux portions denses des replis endométriaux et les plages hypoéchogènes aux portions oedémateuses des replis, ceux-ci disparaissent en fin d'oestrus. (Samper *et al* 2005). Les deux études ont montré que l'œdème utérin associé à l'observation de ces replis, diminuait environ 2 jours avant l'ovulation et qu'il était presque absent au moment de l'ovulation. Ces résultats ont d'abord été utilisés pour estimer le stade du cycle oestral mais est-ce qu'il serait possible de les utiliser pour prédire de façon précise l'ovulation. D'autres auteurs ont tenté de tirer les mêmes conclusions et ont observé des variations plus ou moins marquées de l'évolution de l'écotexture de l'utérus durant le cycle oestral en fonction de la race des juments étudiées (Plata-Martin *et al* en 1994 et Pycock *et al* en 1995), d'autres résultats n'ont pas pu être publiés malgré l'abondance des cycles étudiés car cela correspondait à une étude rétrospective d'une clientèle (Samper *et al* 1997). Toutes ces études ont mis en évidence des résultats assez proches malgré quelques variations et nous ont motivés à chercher des critères précis de prédiction de l'ovulation dans le but d'aider dans la décision de mise à la reproduction sur le terrain.

Plusieurs auteurs ont aussi remarqué que l'écotexture du col était variable au cours du cycle oestral, le col est facilement distinguable du corps pendant le diestrus alors qu'au cours de l'oestrus la limite entre le corps et le col de l'utérus est beaucoup plus difficile à mettre en évidence. Day *et al* en 1995 ont étudié plus en détail l'évolution de l'écotexture du col au cours du cycle, notamment au cours de l'oestrus et ont décrit un système de notation des variations de cette écotexture. Ils ont

montré que la fermeture ou l'ouverture du col étaient corrélées à certaines notes et que la valeur maximale était toujours atteinte avant l'ovulation. Les études de l'échotexture du col sont beaucoup moins nombreuses que celles concernant le corps et les cornes de l'utérus. Ceci peut être expliqué par le fait que l'interprétation de ces images nécessite un expérimentateur entraîné, limitant probablement son utilisation sur le terrain. Nous avons cependant tenté d'étudier l'évolution de l'échotexture du col au cours de l'oestrus afin de chercher des critères de prédiction de l'ovulation à partir des images échographiques de col utérin complétant ceux du corps et des cornes de l'utérus.

Pour compléter l'étude de l'échotexture de l'utérus au cours de l'oestrus et son application sur le terrain, nous avons souhaité évaluer les facteurs liés à l'échographe. Ainsi nous avons utilisé à chaque examen trois échographes sur une même jument afin de voir si les résultats obtenus variaient en fonction de l'échographe employé. La comparaison de tous les échographes utilisés par les praticiens sur le terrain est impossible, seulement la comparaison entre trois échographes de qualité différente sera un bon indice de la reproductibilité des résultats.

Le but de cette étude est donc de chercher, à partir des images échographiques du corps, des cornes et du col de l'utérus, des critères échographiques de prédiction de l'ovulation, ceci à l'aide de 20 juments suivies pendant deux cycles consécutifs en comparant trois qualités d'échographes différentes.

## **II. Matériels et méthodes**

L'étude a été conduite au Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire de l'école Nationale Vétérinaire Agroalimentaire et de l'Alimentation – Oniris, dans le service Biologie et Pathologie de la Reproduction. La phase expérimentale de cette étude a été réalisée conjointement avec Cyril Parachini-Winter s'intéressant à des marqueurs échographiques cherchant à caractériser le follicule dominant et à prédire l'ovulation.

### **A. Population étudiée**

Les animaux sur lesquels porte l'étude sont les juments du troupeau pédagogique géré par le département des sciences cliniques d'Oniris. Le troupeau est constitué de 20 juments. Elles sont logées ensemble dans un grand paddock en terre, muni également d'un large abri paillé. Elles sont nourries avec du foin à volonté. Celles-ci sont utilisées régulièrement pour des travaux pratiques de reproduction (examens par voie transrectale, échographies et inséminations artificielles aboutissant s'il y a gestation à un arrêt précoce de gestation vers J25 par injection de prostaglandines). Certaines sont également montées par une association d'étudiants vétérinaires, avec une utilisation exclusivement tournée vers le loisir. Les juments étaient âgées au moment de l'étude de 4 (Under The Moon et Upela de Cheffes) à 20 ans (Elfi de Pitz), avec un âge moyen de 8-9 ans. La majorité est de race Trotteur Français, Reyve est de race Selle Français, Reinette est Selle Français croisé Merens et Samarie est Trotteur Français croisé Merens.

Tableau I : Age et race des juments de la population étudiée

Nom	Race	Age (ans)
Elfi de Pitz	TF	20
Karlene du Randou	TF	14
Lady du Breil	TF	13
Mystie du Landier	TF	12
Nana des Chenes	TF	11
Numidia	TF	11
Olive de Boisbelle	TF	10
Quandora Bleue	TF	8
Realidad	TF	7
Regence de Silly	TF	7
Reinette	SF*Merens	7
Reyve des Etiers	SF	7
Rosaria des Trines	TF	7
Rumba du Loisir	TF	7
Salva De Quelaines	TF	6
Sakoura	TF	6
Samarie	TF * Merens	6
Thalie Vaigeoise	TF	5
Under the Moon	TF	4
Upela de Cheffes	TF	4

Les 20 juments sont correctement vaccinées contre la grippe et la rhinopneumonie. Aucune maladie avec répercussion majeure sur l'état général ou l'appareil reproducteur n'a été relevée dans le troupeau. Samarie, jument de 6 ans et demi, était atteinte au moment de notre suivi d'une dermatite estivale récidivante et traitée localement (croupe et base de la queue) avec une crème corticoïde (PREDNIDERM NDV : predisolone, néomycine) et un répulsif pour insectes (TRI-TEC NDV : cyperméthrine, pyréthrinés, pipéronyl butoxyde). Elfi, la plus âgée des juments, présentait une endométrite chronique, raison pour laquelle nous n'avons pu échographier que les ovaires, les images d'utérus étant ininterprétables. Un syndrome de Cushing lui a en outre été diagnostiqué depuis, mais il est possible qu'il évoluait déjà de manière asymptomatique lors de l'étude. Nous n'avons par ailleurs pas pu finir les expérimentations avec Thalie, victime au cours du premier cycle étudié d'une lacération rectale.

### 1. Molécules utilisées au cours de l'étude et l'objectif de leur utilisation

Nous avons parfois eu recours à certains principes actifs au cours de l'étude :

- 15 UI d'Ocytocine par voie IV deux fois à 12 heures d'intervalle lorsque les juments présentaient une accumulation de liquide dans la lumière de l'utérus pendant plus de 48h. Cela concerne 10 des 20 juments, dont 5 à deux reprises au cours des deux cycles (Reinette, Upela, Régence, Mystie et Numidia) et 5 une fois seulement dans l'ensemble de leur suivi (Sakoura, Under The Moon, Olive, Realidad, et Rumba).

- 250 µg de prostaglandines (Cloprosténol) par voie intra musculaire pour stopper les gestations débutantes chez les juments ayant été inséminées dans le cadre de travaux pratiques pour les étudiants de quatrième et cinquième années d'Oniris. Cela concerne 11 des 20 juments : Reinette et Sakoura à deux reprises, ainsi que Quandora, Samarie, Under The Moon, Mystie, Karlene, Olive, Nana, Rumba et Reyve. Bien qu'elles aient aussi été inséminées, aucune vésicule n'a été constatée à la suite au cours des échographies de Rosaria, Régence et Realidad ; elles n'ont donc pas reçu de prostaglandines.

## **B. Protocole d'échographie**

### **1. Matériel d'échographie**

Nous avons utilisé trois échographes, deux appartenant à Oniris, le troisième ayant été aimablement prêté pour l'étude :

- ✓ Un 1101 MERLIN (BK Medical) avec une sonde endorectale semi convexe de 5 MHz.
- ✓ Un ALOKA prosound 2 avec une sonde endorectale linéaire de 5 MHz
- ✓ L'échographe prêté par un laboratoire : un EXAGO version 1.09 (ECM Noveto International) avec une sonde endorectale linéaire à fréquence variable utilisée à 5 et 7,5 MHz, (souvent utilisée à 7,5 MHz) et muni d'une fonction Doppler couleur.

Signalons néanmoins que pour des raisons de disponibilité de l'échographe EXAGO, un appareil nouvellement commercialisé par le laboratoire et par conséquent sous le joug d'une forte demande, nous n'en disposions pas les 6 premiers jours de nos expérimentations (du 31 mai au 5 juin 2012 inclus), ainsi que du 27 juin au soir jusqu'au 4 juillet au soir.

### **2. Lieu d'échographie**

Les juments ont été échographiées dans la station du CHUV d'Oniris où se trouvent 8 travaux de contention. Cela permettait de pouvoir examiner les juments par lot de 8. Lorsque plus de 8 juments devaient être échographiées, les échographies étaient réalisées sur tout le lot avec les 3 échographes, puis les juments relâchées et les autres juments à échographier étaient à leur tour introduites dans les travaux.

### **3. Réalisation**

L'objectif était de suivre les juments dès le début de leurs œstrus jusqu'à ovulation, ou lutéinisation du follicule dominant en cas de cycle anovulatoire, et ce sur 2 cycles consécutifs pour chacune des 20 juments du troupeau.

La détermination des juments en œstrus s'est faite initialement grâce au calendrier de suivi du cycle des juments du troupeau tenu par le service de Biotechnologie et Pathologie de la Reproduction d'Oniris. Le premier jour de nos expériences (le 31 mai 2012), nous avons commencé à échographier toutes les juments en œstrus selon ce calendrier. Au fil des jours nous avons

progressivement intégré toutes les nouvelles juments arrivant en période d'oestrus, et nous avons par la suite suivi le calendrier de nos propres observations (notamment pour le suivi du second cycle de chaque jument).

Les échographies de l'appareil génital ont été réalisées sur animal vigile par voie transrectale. Les mêmes observations et mesures sont systématiquement effectuées successivement avec les 3 appareils (sans néanmoins d'ordre précis d'utilisation). Chacune des observations est enregistrée en image fixe (pour les échographes ALOKA et EXAGO) ou en courte séquence vidéo (pour l'échographe MERLIN) sur une clé USB. Toutes les échographies ont été réalisées par l'un ou l'autre des deux étudiants participant à l'étude (sans attribution de jument ou d'échographe en particulier à chacun), et par personne d'autre. Ainsi, les juments échographiées par chacun changeaient à chaque session, du matin au soir et d'un jour à l'autre.

→ **Pendant l'oestrus :**

Echographie de l'appareil génital **toutes les 24h** pour les juments dont le plus gros follicule a un diamètre **inférieur à 25 mm**

Echographie de l'appareil génital **toutes les 12h** pour les juments ayant au moins un des follicules avec un diamètre **supérieur à 25 mm** de diamètre jusqu'à l'ovulation, ou jusqu'à lutéinisation du follicule dominant. Une attention particulière était alors portée à tous les follicules de diamètre supérieur à 25 mm, avec un suivi individuel et précis de leur diamètre (moyenne du plus grand et du plus petit diamètre mesurable). Les ovulations multiples éventuelles ont aussi été suivies.

→ **Pendant l'interoestrus :**

Echographie de l'appareil génital **tous les 3 jours** (pour surveiller les possibles autres vagues de croissances folliculaires) et l'évolution des corps jaunes ou des follicules lutéinisés.

Avec un tel protocole, nous avons donc effectué pendant plus d'un mois et demi des échographies tous les jours, deux fois par jour (début de chaque session à 6h et 18h), avec un nombre de juments à échographier à chaque session variant de 3 à 16 juments.

#### **4. Images obtenues**

Toutes les échographies de l'appareil génital des juments sont réalisées de façon identique. Ainsi les images obtenues sont :

- 2 coupes longitudinales de l'utérus (une le plus caudalement possible en regard du col utérin et l'autre plus cranialement)
- une coupe transversale de chaque corne
- une ou plusieurs coupes de chaque ovaire

## C. Gestion des données

### 1. Données recueillies

A l'aide des images échographiques recueillies, plusieurs données sont obtenues : les systèmes de notation décrivant les caractéristiques échographiques du corps, des cornes de l'utérus et du col ainsi que différentes données échographiques concernant les ovaires.

#### a) Description de l'échotexture de l'utérus

##### (1) Corps de l'utérus

L'interprétation des images échographiques du corps de l'utérus permet l'attribution subjective d'un score décrivant l'échotexture de l'utérus liée à la variation de l'œdème utérin. Ce système de notation a d'abord été décrit et étudié par Ginther et Pierson en 1984 puis développé et présenté dans les ouvrages de référence par Samper *et al.* Nous avons utilisé le système de score décrit par Samper dans notre étude pour évaluer échographiquement l'œdème utérin.

**Tableau II : Présentation du système de notation subjectif de l'œdème utérin chez la jument décrit par Samper *et al* (SEE : score of endometrial edema) (1)**

SEE	Description	Images échographiques
0	pas d'œdème	homogénéité typique de l'interoestrus
1	petite quantité d'œdème	premier stade d'œdème détectable à l'échographie
2	quantité moyenne d'œdème	bien visible au niveau des cornes utérines (plis)
3	présence évidente d'œdème dans tout l'utérus	présence d'œdème bien visible sur tout l'utérus
4	quantité maximum d'œdème présent physiologiquement dans l'utérus, petite quantité de liquide dans la lumière de l'utérus	œdème important
5	quantité trop importante d'œdème dans l'utérus (pathologique)	augmentation de l'épaisseur des plis, modification de la structure des plis, liquide dans la lumière de l'utérus




Ainsi pour chaque jument, à chaque échographie, une note de SEE est estimée et permet la détermination de plusieurs paramètres représentatifs de l'évolution des notes de SEE au cours de l'oestrus:

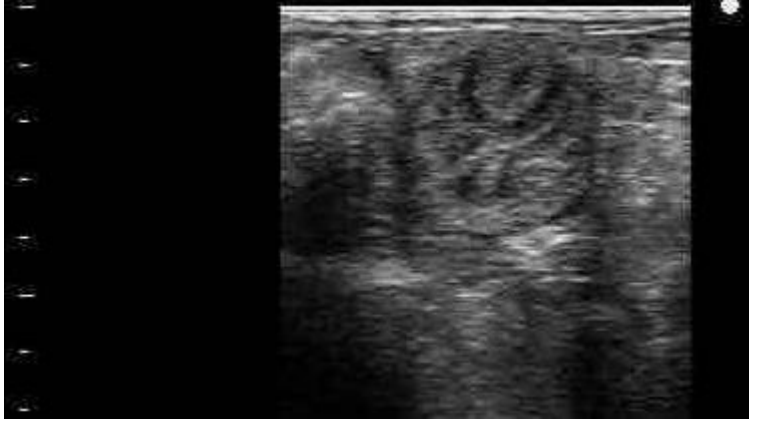


- Valeur maximale de SEE : date pour laquelle la valeur maximale de SEE est atteinte au cours de l'oestrus
- Premier SEE égal à 3 : date pour laquelle la valeur 3 est atteinte pour la première fois au cours de l'oestrus



- Début de diminution du SEE : date pour laquelle le SEE commence à diminuer après avoir atteint la valeur maximale
- Retour à SEE 0 : date pour laquelle la valeur de SEE redevient nulle

Tableau III : Images échographiques de coupe transversale de corne utérine correspondant aux notes de SEE attribuées

<p><b>SEE 0</b> Echotexture homogène</p>	
<p><b>SEE 1</b> Début d'hétérogénéité dans l'échotexture avec zones hypoéchogènes</p>	
<p><b>SEE 2</b> Hétérogénéité avec zones hypoéchogènes sur une partie de l'utérus</p>	

<p><b>SEE 3</b>  <b>Hétérogénéité de l'échotexture sur l'ensemble du l'utérus</b>  <b>Images en coupes d'orange</b></p>	
<p><b>SEE 4</b>  <b>Zones hypoéchogènes très étendues</b></p>	
<p><b>SEE 5</b>  <b>Présence de liquide dans la lumière de l'utérus</b></p>	

## (2) Col de l'utérus

Les images échographiques du col de l'utérus ont été étudiées et décrites par deux équipes (Day et al en 1995, Bucca et Forgarty en 2011) élaborant un système de notation subjective à 5 degrés. Les deux systèmes de notation décrits sont très semblables et nous avons utilisé ce système pour décrire la variation des images échographiques du col au cours de l'oestrus.

Pour comprendre la description du système de notation cervical, il faut distinguer le col de l'utérus de l'exocol qui fait protrusion dans le vagin.

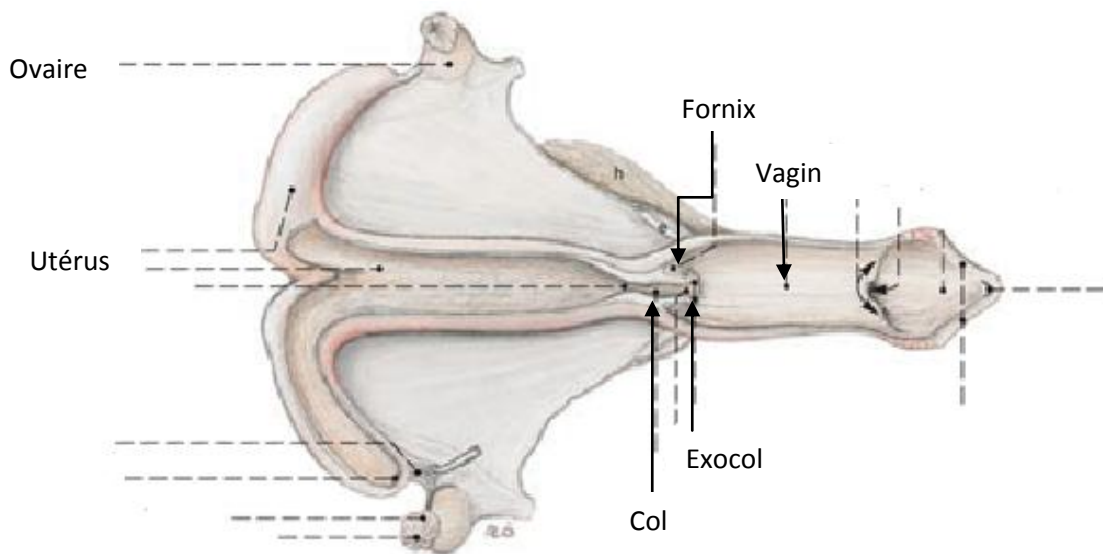


Figure 1 : Dessin anatomique de l'appareil génital de la jument en vue dorsale (Budraus et al, 2009)

Tableau IV : Présentation du système de score subjectif décrivant l'échotexture du col élaboré par Day et al (1995) avec les images correspondantes acquises au cours de l'étude.



Note cervicale	Description de l'échotexture du col
1	Echo-texture uniforme entre la musculuse et la muqueuse cervicale Présence d'une ligne échogène centrale floue(=lumière du col) Diamètre canal cervical < 1cm Diamètre total 2,25 à 2 ,5 cm Augmentation de l'échogénicité de la musculuse proche de la séreuse (loin de la lumière)
2	Musculuse plus échogène et limite muqueuse-musculuse visible Segments échogènes centraux (=lumière du col) Ligne échogène centrale évidente Diamètre du canal cervical = 1cm Diamètre total = 3cm
3	Ligne échogène centrale bien marquée ou Segments échogènes plus courts et moins fréquents Asymétrie d'échogénicité : diminution de l'échogénicité en partie craniale du col, avec un angle hypo échogène relevé en partie caudale

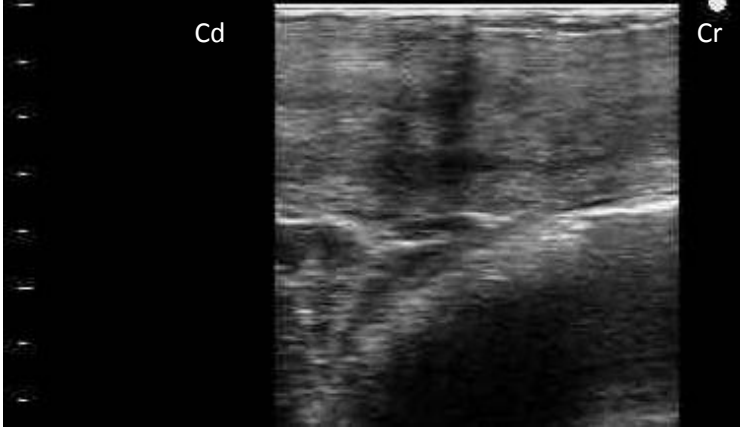
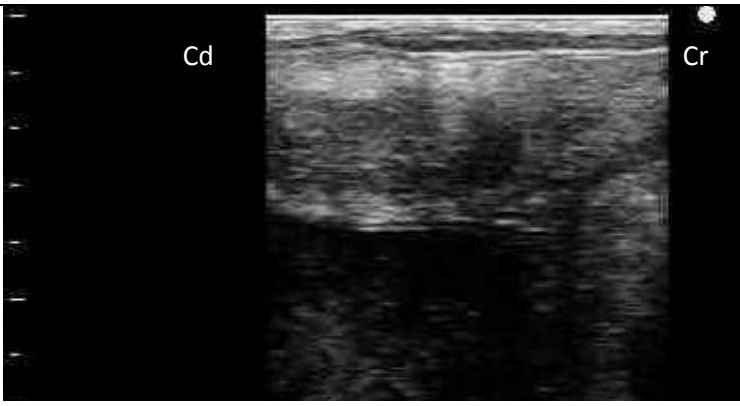

4	<p>Bande large centrale hypoéchogène</p> <p>Amincissement de la musculature vers la séreuse</p> <p>Muqueuse et la partie interne des muscles sont hypoéchogènes <b>sur tout le col</b></p> <p>Une ligne distinguant la muqueuse de la musculature interne peut apparaître (souvent 2 à 4J avant ovulation)</p> <p>Diamètre total =3,6cm</p>
5	<p>Toute la musculature est hypoéchogène</p> <p>La musculature peut former une ligne échogène comme au grade 4</p> <p>Diamètre total 4,3 cm</p>

Lors de notre étude, l'ensemble des critères décrit par Day et al (1995) ont été difficile à identifier sur nos images échographiques de col d'utérus, ainsi nous avons simplifié ce système pour arriver au système de notation suivant :

Tableau V : Système de notation de l'échotexture cervicale utilisé lors de l'étude

col

Note	Description de l'échotexture	Images échographiques de l'utérus
1	Col très hyperéchogène, homogène et facilement distinguable du reste de l'utérus	
2	Col moins homogène toujours distinguable du reste de l'utérus	

3	Diminution de l'échogénicité partielle, plus marquée en partie craniale et proche de la lumière du col (angle hypoéchogène caudal souvent visible)	
4	Diminution de l'échogénicité sur toute la longueur du col, de plus en plus proche de la séreuse	
5	Col anéchogène dans sa totalité et non distinguable du reste de l'utérus	

### ***b) Description des ovaires***

Pour chaque jument et à chaque échographie, différentes informations ont été répertoriées : diamètre des follicules (si supérieur à 25 mm), présence de corps jaunes, de follicules lutéinisés, la présence d'un liseré anechogène et la présence d'une zone de crénulation de la granulosa.

Les résultats de l'exploitation des données issues de l'échographie des ovaires, réalisées conjointement aux échographies de l'utérus, ne seront pas plus détaillés ici. Ceci est en effet l'objet du travail de thèse de Cyril Parachini-Winter, avec qui nous avons effectué conjointement l'ensemble de la phase expérimentale de ces travaux. Rappelons que chacun des deux expérimentateurs réalisait indifféremment pour chaque jument l'intégralité de l'échographie (corps, col, cornes de l'utérus et

ovaires) avec les 3 échographes, mais que les juments échographiées par chacun changeait à chaque session.

### **c) Interprétation des images échographiques**

La lecture des images échographiques a été séparée dans le temps de la réalisation des échographies. La détermination des notations du col et du corps de l'utérus a été volontairement réalisée après la fin de la période d'échographie des juments. La lecture des images s'est faite en classant les images par jument, date et échographe. La note était attribuée en regardant toutes les images du corps et du col de l'utérus d'une jument à une date donnée avec les différents échographes. Les échographies ont été interprétées dans l'ordre chronologique sans connaître la date d'ovulation. Une comparaison aux images de référence de Samper et Pycock pour le corps et les cornes de l'utérus et de Day et al pour le col de l'utérus était systématiquement réalisée.

## **2. Analyse des données**

Les résultats donnés par les trois échographes sont analysés selon un modèle à effets mixtes, c'est un modèle hiérarchique dans lequel le premier niveau modélise la réponse individuelle, le deuxième niveau modélise le comportement des paramètres pour l'ensemble de la population. Par exemple pour l'étude de l'effet de l'échographe sur les notes de SEE, le modèle s'écrit :

Niveau individuel:  $SEE_{ijk} = \alpha_i + \beta_{1i} \cdot \text{Echographe}_k + \varepsilon_{ik}$

Niveau de la population  $\begin{cases} \alpha_i = \alpha + a_i \\ \beta_{1i} = \beta_1 + b_{1i} \end{cases}$

$\varepsilon_{ik}$  indépendamment et identiquement distribués selon la loi  $N(0, \sigma^2)$

$\sigma^2$  est la variance résiduelle

$\alpha, \beta_1$  sont les effets fixes

$a_i, b_{1i}$ , sont les effets aléatoires distribués selon une loi normale

La normalité des résidus et des effets aléatoires ont été vérifiés et validés pour chaque modèle au moyen de graphiques préconisés par les auteurs des modèles à effets mixtes (Pinheiro et Bates, 2000).

Cette analyse a été réalisée à partir du logiciel statistique R (2013) et nous a permis de rechercher la reproductibilité des notes fournies et des facteurs d'interprétation de l'évolution de ces notes entre les trois échographes. Il n'y a pas d'échographe considéré comme l'échographe de référence.

## **III. Résultats de l'analyse des images échographiques de l'utérus**

### **A. Les biais sur les cycles**

Nous avons suivi ces 19 juments (la 20<sup>ème</sup> Elfie souffrait d'une endométrite chronique), pendant 2 cycles consécutifs soit 38 cycles. Plusieurs artefacts ont fait diminuer le nombre de cycles

interprétables liés notamment à la poursuite des travaux pratiques des étudiants sur les juments (inséminations artificielles, arrêts précoces de gestation). Ces cas interprétables statistiquement car non comparables sont cependant intéressants à décrire.

## 1. Les gestations

Au cours du premier cycle de notre étude, 9 juments (Mystie, Nana, Numidia, Quandora, Realidad, Regence, Reyve, Rumba et Samarie) ont été inséminées artificiellement avec du sperme frais par les étudiants de 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> année au cours de travaux pratiques. Ainsi 6 d'entre elles ont été gravides, le diagnostic ayant eu lieu pendant la phase de suivi du second cycle (Mystie, Nana, Numidia, Quandora, Realidad, Regence).

Tableau VI : Présentation des juments inséminées avec le nombre d'inséminations réalisées, leur date par rapport au moment de l'ovulation (ovulation notée jour 0) et si une gestation a débuté

	Nombre d'inséminations	Dates d'insémination (jours)	Gravide
<b>Mystie</b>	1	-0,5	Oui
<b>Nana</b>	3	-3,5/ -3/-2	Oui
<b>Numidia</b>	1	-1	Oui
<b>Quandora</b>	1	-3,5	Oui
<b>Realidad</b>	2	-2/-1	Oui
<b>Regence</b>	2	-2/-0,5	Oui
<b>Reyve</b>	3	-3/-2/-1	Non
<b>Rumba</b>	1	-3	Non
<b>Samarie</b>	2	-2,5/-1,5	Non

Chez les 6 juments gravides, un arrêt précoce de gestation a été déclenché après mise en évidence de la gestation entre j11 et j16, la reprise de la cyclicité a permis l'observation d'une ovulation chez 5 juments mais l'évolution de l'échotexture utérine était modifiée par les injections de prostaglandines, ces cycles ne sont donc pas interprétables. La 6<sup>ème</sup> jument (Nana) n'a pas ovulé à la suite de l'arrêt précoce de gestation.

## 2. Les accumulations liquidiennes

### a) Les accumulations liquidiennes après insémination

Outre les gestations, les inséminations ont provoqué une endométrite post-insémination anormalement intense et durable chez 8 des 9 juments inséminées. Ces endométrites ont masqué l'évolution physiologique de l'œdème utérin.

Dans notre étude, 8 juments ont présenté une endométrite post-insémination intense, résolue en moins de 24h chez 5 juments. Pour Régence et Nana l'endométrite post-insémination a duré au moins 48h après l'insémination et jusqu'à l'ovulation. Cependant Régence et Nana ont développé une gestation à la suite de ces inséminations prouvant que l'utérus s'est vidangé correctement, ainsi

nous avons tenté d'interpréter l'évolution de leur œdème utérin. Ces 7 juments avaient une quantité de liquide intra-luminal dont le diamètre était inférieur à 2 cm à l'échographie. La 8<sup>ème</sup> jument, Rumba a présenté une endométrite post-insémination persistante sur le cycle 2 avec une quantité de liquide supérieure à 2cm, ce cycle n'a donc pas pu être interprété.

**Tableau VII : Présentation des juments ayant eu une endométrite au cours de l'oestrus (EPI= endométrite post-insémination ; EPPI= endométrite persistante post-insémination) avec la durée de l'endométrite et l'épaisseur de liquide mesurée à l'échographie**

	<b>Endométrite</b>	<b>Durée de l'endométrite</b>	<b>Epaisseur maximale de liquide observé</b>
<b>Mystie</b>	EPI	<12h	<1 cm
<b>Nana</b>	EPI	48h ?	2 cm
<b>Numidia</b>	EPI	<12h	1 cm
<b>Quandora</b>	EPI	24h	<1 cm
<b>Regence</b>	EPI	48h ?	2 cm
<b>Realidad</b>	Non		
<b>Reyve</b>	2 EPI	<12h	1 cm
<b>Rumba</b>	EPPI	>48h	>2 cm
<b>Samarie</b>	EPI	<24h	1 cm
<b>Total juments avec EPI ou EPPI</b>	8/9 = 89%		
<b>Total juments avec EPI</b>	7/9 = 78%		
<b>Total juments avec EPPI</b>	1/9 = 11%		

Les endométrites post-insémination modifient l'observation de l'évolution du SEE, ainsi nous avons corrigé l'interprétation de ces cycles en annulant les notes d'échotexture du corps et des cornes de l'utérus égales à 5 (accumulation de liquide dans l'utérus) s'ils étaient présents moins de 48h après une insémination. Par exemple, Numidia a été inséminée 0,5 jours avant ovulation, l'évolution de son SEE suivi jusque-là était comparable à celle décrite dans la littérature avec observation d'un pic 3 jours avant l'ovulation. Or 12h après l'insémination, du liquide s'est accumulé dans l'utérus en petite quantité faisant passer le SEE de 0 à 5. Sans correction, le pic apparaît donc le jour de l'ovulation mais ceci est biaisé par l'insémination, ainsi dans notre étude les SEE de 5 dans les 48h suivant une insémination n'ont pas été pris en compte.



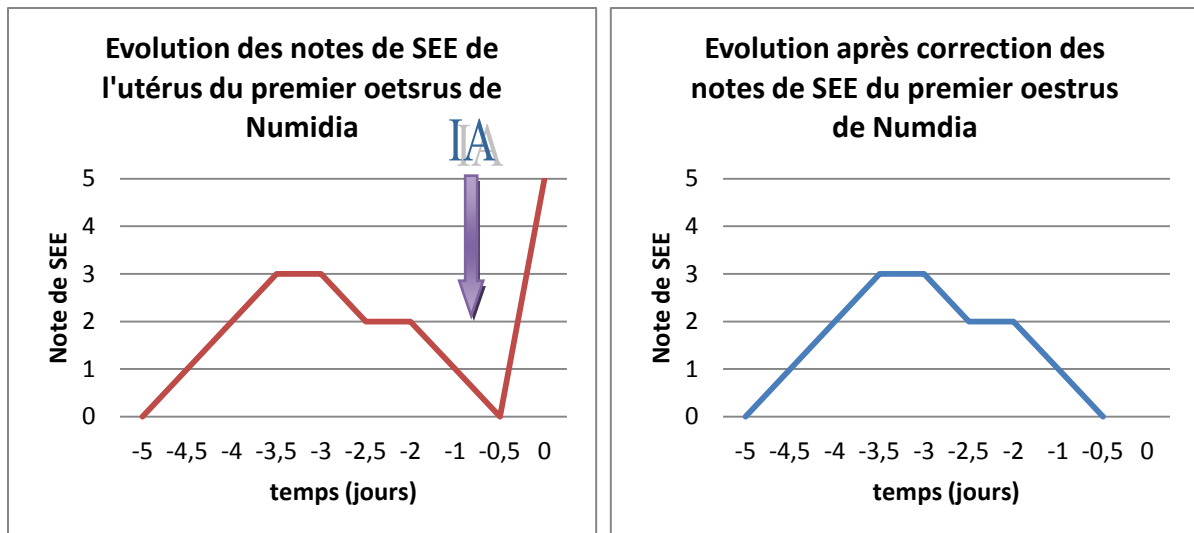


Figure 2 : Schémas comparant l'évolution des notes de SEE lors du premier oestrus suivi de Numidia avant et après correction

***b) Les accumulations liquidiennes anormalement abondantes en l'absence d'insémination***

De plus, 3 juments ont présenté au cours de leur oestrus une accumulation de liquide intraluminal en l'absence d'insémination. Pour une des 3 juments, Salva, cette accumulation de liquide a duré moins de 12 h et l'épaisseur de liquide à l'échographie était inférieure à 2cm. Cette modification peu importante en quantité et dans le temps nous a permis d'interpréter les résultats de Salva. Les 2 autres juments, Olive et Reinette, ont présenté une quantité de liquide d'une épaisseur d'environ 2cm, ceci par intermittence pendant plusieurs jours. La présence en quantité importante et pendant plusieurs jours a empêché une interprétation correcte de l'évolution du score de l'œdème utérin pour ce cycle. Il est probable que ces accumulations liquidiennes correspondent à un défaut d'élimination des sécrétions oestralles physiologiques de l'utérus.

**3. L'absence d'ovulation**

Cinq juments n'ont pas ovulé lors d'un ou des deux cycles suivis.

Dans le cas de Reinette, nous avons commencé à l'échographier trop tard et l'ovulation venait juste de se produire au début de nos échographies (le 22 juin), en effet un corps jaune sur l'ovaire droit et une note de SEE de 3 était présents. Ainsi nous avons suivis seulement un seul cycle complet pour Reinette.

Under The Moon a été suivie pendant un mois avec 21 jours d'échographie, nous avons pu observer au bout de deux semaines la lutéinisation du follicule dominant sur l'ovaire droit, puis pendant les deux autres semaines la croissance d'un follicule sur l'ovaire gauche sans jamais observer d'ovulation. Au niveau de l'utérus les notes de SEE sont restées faibles très souvent à 0 et au maximum à 2, ceci accompagné d'un diamètre folliculaire toujours supérieur à 40 mm. Par ailleurs les notes cervicales sont restées le plus souvent autour de 1 ou 2 (16 suivis sur 20) sauf au cours de 4 examens, dont 3 consécutifs en tout début de période de suivi où les notes étaient de 3 et 4.

Olive a été suivie pendant un mois et dix jours sans observer d'ovulation. Pendant les 13 premiers jours la note de SEE est restée très faible 0 voir 1 ceci accompagné d'un diamètre folliculaire toujours supérieur à 40 mm. Elle a alors reçu un traitement à base de prostaglandines pour relancer le cycle. Une augmentation de la note de SEE a alors été notée avec accumulation de liquide dans l'utérus pendant plusieurs jours en l'absence d'insémination. Les notes cervicales sont restées aux alentours de 1 et 2 sauf pour 2 examens consécutifs en début de période de suivi où les valeurs 3 et 4 ont été atteintes. La jument n'a pas ovulé et l'oestrus s'est terminé par la lutéinisation du follicule dominant.

Nous avons suivi Samarie qui a ovulé au premier cycle, sur le second cycle il n'y a pas eu d'ovulation, malgré la présence d'un follicule de diamètre passant de 32 mm à 50 mm, cependant il n'y a pas eu d'évolution de l'œdème utérin qui est resté à une note de SEE inférieure à 1.

Karlène est une jument du troupeau qui a des fins pédagogiques est restée gravide jusqu'à 134 jours de gestation puis un arrêt précoce de gestation a été effectué. Nous avons suivi le premier cycle post avortement. Nous avons observé la lutéinisation des deux follicules dominants quinze jours après l'avortement. La note de SEE était élevée 10 jours après l'avortement puis a diminué et a retrouvé la valeur zéro au bout de 15 jours.

## **B. Modalités d'attribution et d'évolution des notes de SEE au cours de l'oestrus**

### **1. Etude de la reproductibilité des notes de SEE attribuées entre échographes**

La confrontation des notes de SEE des trois échographes n'est possible que pour les examens dont nous disposons des notes des trois échographes, soit 210 notes, ce qui équivaut à 70 examens. Pour réaliser l'analyse statistique il faut choisir un échographe de référence, or aucun échographe ne peut être considéré comme échographe de référence. Ainsi chaque échographe va être utilisé comme échographe de référence pour l'analyse des résultats. Cette analyse montre que les échographes ALOKA et EXAGO ( $p= 0,0159$ ) attribuent des notes significativement différentes alors que MERLIN attribue des notes significativement non différentes de l'échographe EXAGO ( $p= 0,2493$ ) et de l'échographe ALOKA ( $p= 0,2008$ ).

Cependant l'échographe EXAGO étant plusieurs fois non disponible, un nombre plus important de notes de SEE ont pu être attribuées aux échographes ALOKA et MERLIN. Ainsi nous allons compléter l'étude de la reproductibilité de l'attribution des notes de SEE en analysant les notes de ces deux échographes. 336 notes, soit 112 examens ont été analysés. Cette analyse a montré que les échographes ALOKA et MERLIN attribuent des notes significativement différentes ( $p= 0,0469$ ).

### **2. Comparaison des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE**

Pour l'interprétation de l'évolution des notes de SEE chez des juments cyclées, nous avons utilisé les cycles où une ovulation est observée et où le suivi a pu être correctement réalisé. Ainsi sont exclus

les 2 cycles des 6 juments qui ont subi un arrêt précoce de gestation, les 2 cycles de Karlene qui a subi un arrêt de gestation tardif, les 8 cycles où il n'y pas eu d'ovulation, les 2 cycles de Rumba avec endométrite post-insémination persistante. Le cycle 1 de Regence est aussi difficilement interprétable car 3 inséminations ont eu lieu, aboutissant à une endométrite post-insémination qui dure pendant les deux jours précédents l'ovulation, rendant impossible la détection du pic de SEE et la détermination du début de sa diminution. De plus pour 2 juments, Salva et Upela, le début de suivi du premier cycle a été trop tardif et l'étude de l'évolution de l'échotexture de l'utérus et du col n'a pas pu être réalisée. Il reste donc 17 cycles.

Après présentation de l'évolution globale des notes de SEE au cours de l'oestrus de ces 17 cycles, nous étudierons la reproductibilité des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE au cours de l'oestrus.

### a) Modalités d'évolution des notes de SEE au cours de l'oestrus

L'évolution des notes de SEE au cours de l'oestrus suit globalement une courbe en cloche, le SEE augmente progressivement pour atteindre une valeur maximale, puis diminue aussi progressivement jusqu'à l'ovulation.

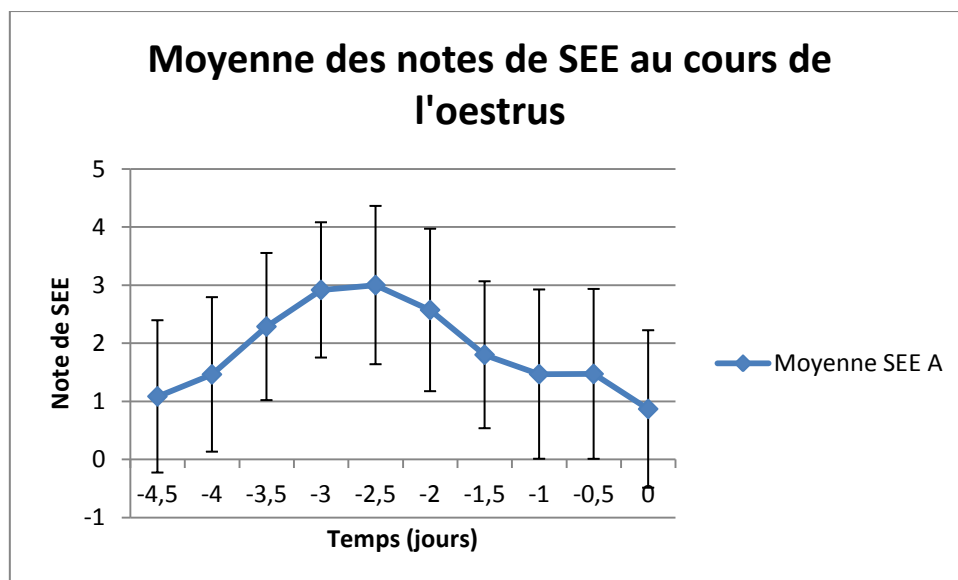


Figure 3 : moyennes des notes de SEE des 17 cycles sur les 4,5 jours précédents l'ovulation (0 = jour de l'ovulation)

### b) Etude de la reproductibilité des facteurs d'interprétation des notes de SEE entre échographes

Tout d'abord nous allons chercher à savoir si la note maximale atteinte au cours d'un oestrus d'une jument est la même quelque soit l'échographe. La confrontation des notes maximales des 3 échographes a été réalisée sur 27 données, soit 9 oestrus. L'analyse statistique a montré que les

dates d'apparition de la note maximale atteinte lors d'un oestrus ne sont pas différentes entre les 3 échographes.

Ensuite nous avons étudié la reproductibilité de la date d'apparition de la première note de SEE égale à 3 au cours d'un oestrus d'une jument entre les 3 échographes. Cette étude a été possible à partir de 24 données, soit 8 oestrus. Les dates d'apparition de la première note de SEE de 3 sont significativement différentes entre l'échographe ALOKA et les échographes MERLIN et EXAGO alors qu'elles sont significativement non différentes entre les échographes EXAGO et MERLIN.

Les dates de début de diminution de la note de SEE ont aussi été comparées entre les 3 échographes à l'aide de 18 données, soit 6 oestrus. Les dates de début de diminution de la note de SEE au cours de l'oestrus ne sont pas différentes entre les 3 échographes.

Enfin la reproductibilité des dates de retour à une note de SEE de 0 a été étudiée à partir de 18 données, soient 6 oestrus. L'analyse statistique a montré que les dates de retour à une note de SEE de 0 ne sont pas différentes entre l'échographe MERLIN et les échographes ALOKA et EXAGO alors qu'elles sont significativement différentes entre les échographes ALOKA et EXAGO.

**Tableau VIII : P value obtenues par la confrontation des trois échographes en fonction des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE au cours de l'oestrus**

<b>Facteurs d'interprétation</b>	<b>P value ALOKA/MERLIN</b>	<b>P value ALOKA/EXAGO</b>	<b>P value EXAGO/MERLIN</b>
<b>Date d'apparition de la note maximale</b>	<b>0,6174</b>	<b>0,6174</b>	<b>1,000</b>
<b>Date de la première note de SEE de 3</b>	0,0459	0,0160	<b>0,5925</b>
<b>Date du début de diminution des notes des SEE</b>	<b>0,3331</b>	<b>0,1581</b>	<b>0,6221</b>
<b>Date de retour à une note de SEE de 0</b>	<b>0,4429</b>	0,0737	<b>0,2584</b>

Afin de prendre en compte un nombre plus important d'oestrus, la confrontation des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE au cours de l'oestrus peut être réalisée en comparant seulement les échographes ALOKA et MERLIN.

Ainsi pour les dates d'apparition de la note maximale au cours de l'oestrus, les deux échographes ALOKA et MERLIN ont permis l'établissement de la note maximale au cours de 17 cycles. L'analyse statistique a montré que les dates d'apparition de la note maximale de SEE au cours de l'oestrus ne sont pas différentes entre ces deux échographes. Pour les dates d'apparition de la première note de SEE de 3, 28 données ont pu être analysées soient 14 oestrus. Nous avons pu montrer que les dates d'apparition de la première note de SEE de 3 ne sont pas différentes entre ces deux échographes. En ce qui concerne les dates de début de diminution des notes de SEE au cours de l'oestrus, l'analyse a été possible à partir de 30 données, soient 15 cycles, et a montré que ces dates ne sont pas différentes entre ces deux échographes. De même les dates de retour à une note de SEE de 0, comparées sur 13 cycles entre les deux échographes ALOKA et MERLIN, ont montré qu'elles ne sont pas différentes.

Tableau IX : P value obtenues par la confrontation des deux échographes, ALOKA et MERLIN en fonction des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE au cours de l'oestrus

Facteurs d'interprétation	P value ALOKA/MERLIN
Date d'apparition de la note maximale	1,000
Date de la première note de SEE de 3	0,0961
Date du début de diminution des notes des SEE	0,804
Date de retour à une note de SEE de 0	0.1039

*c) Etude de la reproductibilité des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE entre les juments*

L'étude de la reproductibilité des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE entre les juments a été réalisée à partir des résultats des deux échographes ALOKA et MERLIN car ces facteurs présentent une bonne reproductibilité entre ces deux échographes. Cette comparaison est réalisée à partir des 17 cycles décrits précédemment, cependant des difficultés rencontrées à l'établissement de ces facteurs pour certaines juments à cause de l'absence d'un ou plusieurs échographes à un examen donné ont diminué le nombre de cycles comparés.

(1) Modalités d'apparition de la note maximale de SEE au cours de l'oestrus

La note maximale de SEE attribuée au cours d'un oestrus est atteinte en moyenne 2,23 jours (+/- 0,3) avant l'ovulation.

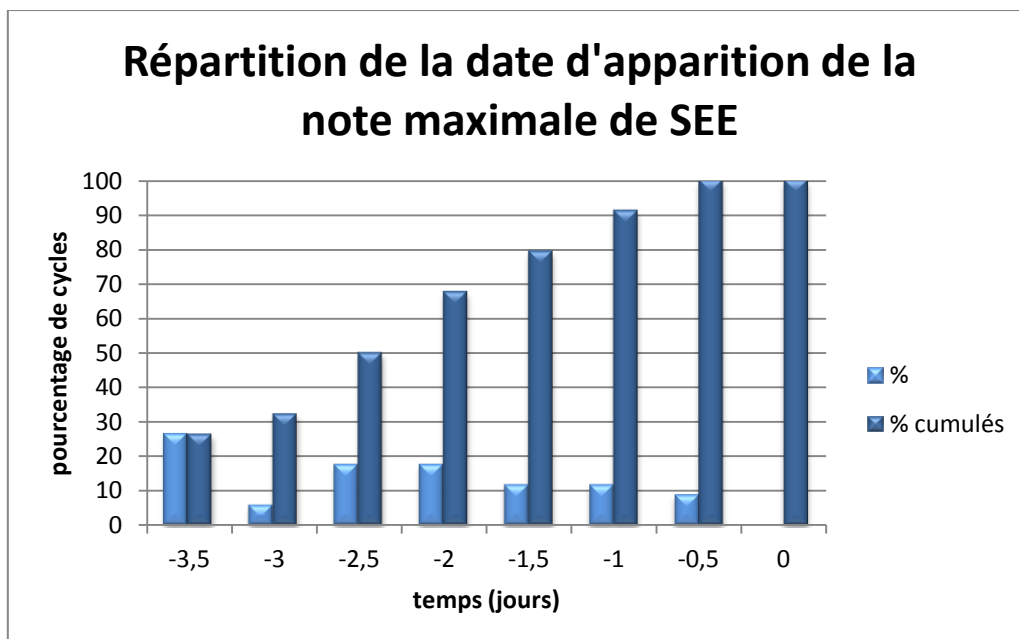


Figure 4: répartition des cycles en fonction de la date d'apparition de la note maximale de SEE (en pourcentages et pourcentages cumulés)

La note maximale de SEE est observée dans 26,5% des cycles 3,5 jours avant l'ovulation. Elle est ensuite observée régulièrement entre 3 et 0,5 jours avant l'ovulation entre 5,9% et 17,7%. En réalisant le cumul de ces pourcentages, nous pouvons constater que pour 100 % des cycles la note maximale est atteinte 12h avant l'ovulation et pour 88 % des cycles elle est atteinte 24h avant l'ovulation.

De plus la note de SEE maximum observée n'est pas toujours la même. Ainsi la valeur de SEE maximale atteinte est la valeur 4 pour 65% des cycles (11/17) puis 3 pour 26% des cycles (4/17). Les valeurs 5 et 2 ont aussi été les valeurs maximales atteintes chacune pour 1 des 17 cycles. Ces résultats sont représentés dans le diagramme ci-dessous.

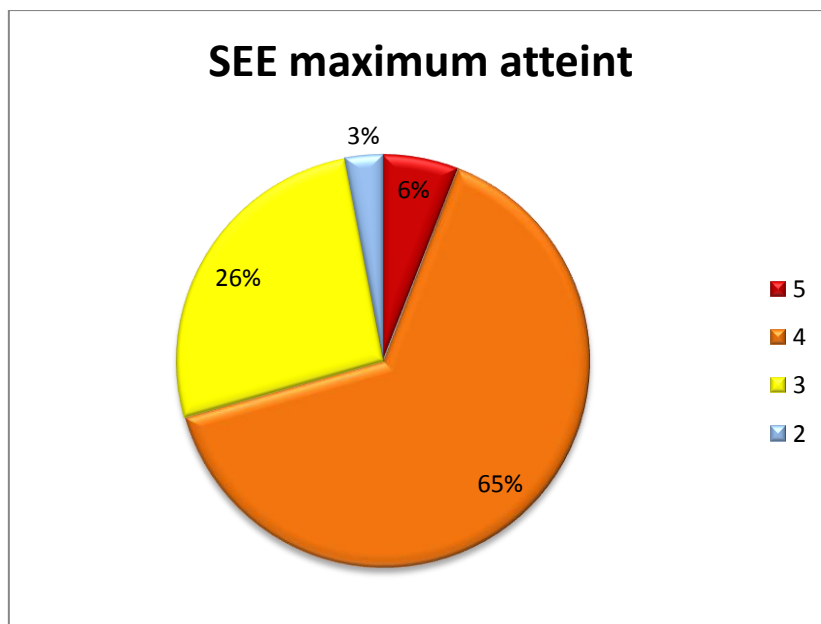


Figure 5 : Pourcentage des valeurs maximales de SEE atteintes au cours des 17 oestrus suivis

Le fait que la note maximale de SEE ne soit pas toujours la même rend impossible la détection de la date d'apparition du maximum au cours du suivi mais seulement après observation du début de diminution des notes de SEE. Ainsi nous avons aussi choisi d'étudier la date d'apparition du premier SEE 3 (ou 4 si la valeur 3 n'a pas été observée avant) au cours de l'oestrus qui témoigne de l'augmentation de l'œdème utérin et qui est identifiable au cours du suivi de l'oestrus contrairement à la date d'apparition du pic. Le premier SEE 3 (ou 4) au cours de l'oestrus apparaît en moyenne 3,25 jours (+/- 0,3) avant l'ovulation.

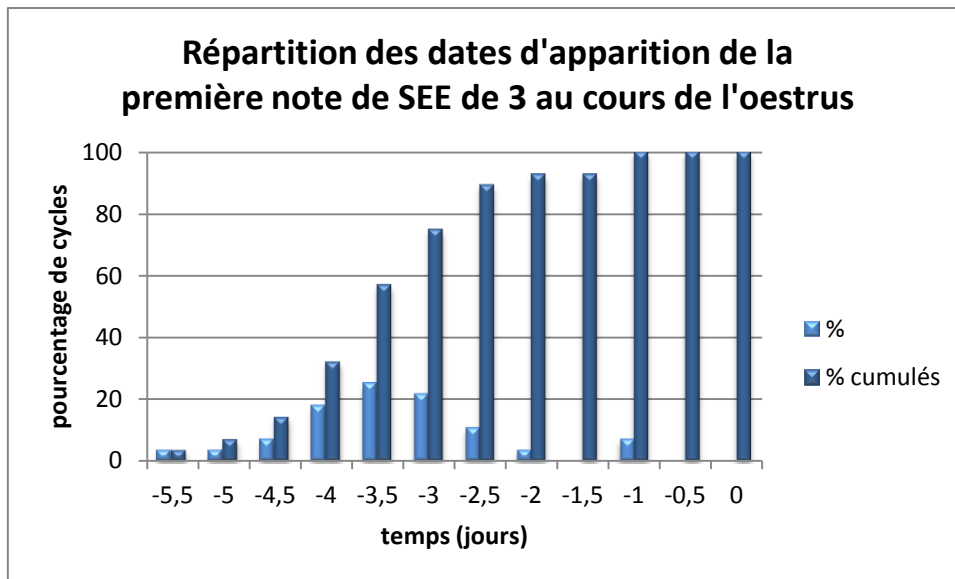


Figure 6 : répartition des cycles en fonction de la date d'apparition du premier SEE 3 ou 4 (en pourcentages et pourcentages cumulés)

L'étude de la répartition de ces dates entre les cycles montre que la valeur SEE 3 est toujours atteinte pour la première fois entre le 5<sup>ème</sup> et le jour précédant l'ovulation et le plus souvent atteinte 4 jours avant l'ovulation dans 18% des cycles (2,5/14), 3,5 jours avant l'ovulation dans 25% des cycles (3,5/14) et 3 jours avant l'ovulation dans 21% des cycles (3/14). De plus 100% des cycles ont présenté le premier SEE 3 au moins 24h avant l'ovulation

## (2) Modalité de diminution du SEE avant l'ovulation

Le début de diminution du SEE est noté au moment du premier examen pour lequel la valeur de SEE est plus basse que la précédente, après avoir atteint au moins un SEE de 3. La comparaison du début de diminution du SEE des 17 cycles avec les échographes ALOKA et MERLIN indique qu'en moyenne, le SEE commence à diminuer 1,7 jours (+/- 0,2) avant l'ovulation.

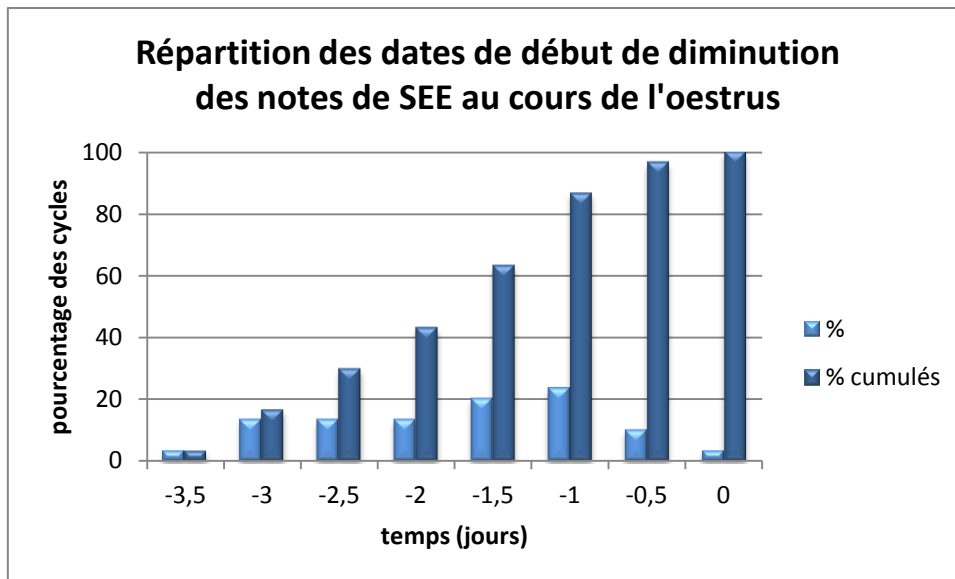


Figure 7: répartition des cycles en fonction de la date de début de diminution de la note de SEE (en pourcentages et pourcentages cumulés)

Le début de diminution des notes de SEE est observé de façon assez régulière sur les 3 jours qui précèdent l'ovulation, dans 23% des cycles (3,5/15) 1 jour avant l'ovulation, dans 20% des cycles (3/15) 1,5 jours avant l'ovulation, dans 13% des cycles (2/15) 3 jours, 2,5 jours, 2 jours et 1 jour avant l'ovulation et dans 3,3% des cycles (0,5/15) 3,5 jours avant l'ovulation et le jour de l'ovulation. En réalisant le cumul de ces pourcentages, nous pouvons constater que dans 100% des cycles les notes de SEE ont commencé à diminuer avant ou au moment de l'ovulation, dans 96% des cycles le SEE a commencé à diminuer 12h avant l'ovulation, dans 83 % des cycles le SEE a commencé à diminuer 24h avant l'ovulation.

### (3) Modalité de retour à une note de SEE de 0

Le retour à un score utérin de 0 à la fin de l'oestrus, marquant l'absence d'œdème utérin, est atteint 24h à 48h avant l'ovulation dans 21% des cycles, dans les 24h qui précèdent l'ovulation dans 36% des cycles, et après l'ovulation dans 36 % des cycles (la date n'étant pas connue puisque non recherchée). Ainsi le retour au SEE de diestrus précède ou est concomitant de l'ovulation dans 64% des cycles et postérieur à l'ovulation dans 36% des cycles.



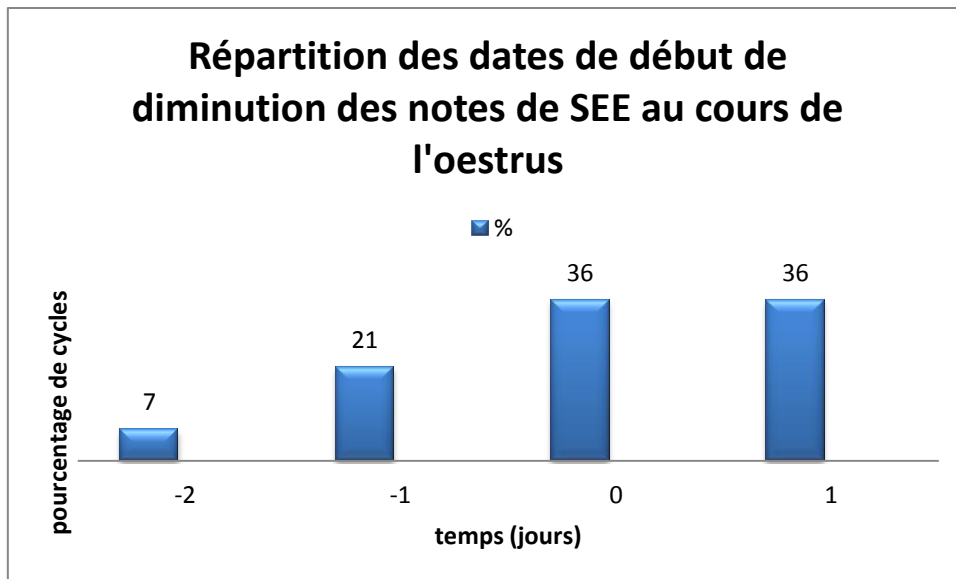


Figure 8 : répartition de la date de retour au SEE 0 des différents cycles et des cycles où aucune insémination n'a été réalisée (jour 0 = jour de l'ovulation)

### C. Modalités d'attribution et d'évolution des notes cervicales au cours de l'oestrus

#### 1. Etude de la reproductibilité des notes cervicales attribuées entre échographes

La confrontation des notes cervicales des trois échographes n'est possible que pour les examens dont nous disposons des notes des trois échographes, soit 60 données, ce qui équivaut à 20 oestrus. Pour réaliser l'analyse statistique il faut choisir un échographe de référence, or aucun échographe ne peut être considéré comme échographe de référence. Ainsi chaque échographe va être utilisé comme échographe de référence pour l'analyse des résultats. Cette analyse montre que les échographes MERLIN et EXAGO ( $p= 0,0244$ ) attribuent des notes significativement différentes alors que ALOKA attribue des notes non différentes de l'échographe EXAGO ( $p= 0,2485$ ) et de l'échographe MERLIN ( $p= 0,2485$ ).

Cependant l'échographe EXAGO étant plusieurs fois non disponible, un nombre plus important de données de SEE ont pu être obtenues avec les échographes ALOKA et MERLIN. Ainsi nous allons compléter l'étude de la reproductibilité de l'attribution des notes cervicales en analysant les notes de ces deux échographes. 142 données, soit 71 oestrus ont été comparés. Cette analyse a montré que les échographes ALOKA et MERLIN attribuent des notes non différentes ( $p= 0,4877$ ).

## 2. Comparaison des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes cervicales

Pour l'interprétation de l'évolution du score d'œdème cervical au cours de l'oestrus, nous présenterons d'abord l'évolution globale des notes cervicales au cours de l'oestrus puis nous nous attacherons à présenter les différents critères retenus pour décrire cette évolution.

### a) Modalités d'évolution des notes cervicales au cours de l'oestrus

Les notes cervicales ont été établies au cours des examens échographiques bi-quotidiens des juments sur 16 cycles commun à ceux de l'étude des notes de SEE, le premier cycle de Lady n'a pas pu être utilisé où aucune note cervicale n'a pu être établie. L'attribution des notes cervicales nous a posé des difficultés et elle n'a été possible que dans 67% des examens avec l'ALOKA et dans 63% des examens avec MERLIN, entraînant un manque de résultats pendant un à deux jours sur certains cycles.

Si nous étudions l'évolution globale de la moyenne des notes cervicales au cours de l'oestrus, nous pouvons noter une tendance d'évolution des notes d'œdème cervical similaire à l'évolution des notes de SEE, avec une augmentation de la moyenne des notes cervicales au début de l'oestrus, 7 à 3 jours avant l'ovulation, puis observation d'une note maximale 2,5 jours avant l'ovulation et enfin diminution des notes en fin d'oestrus.

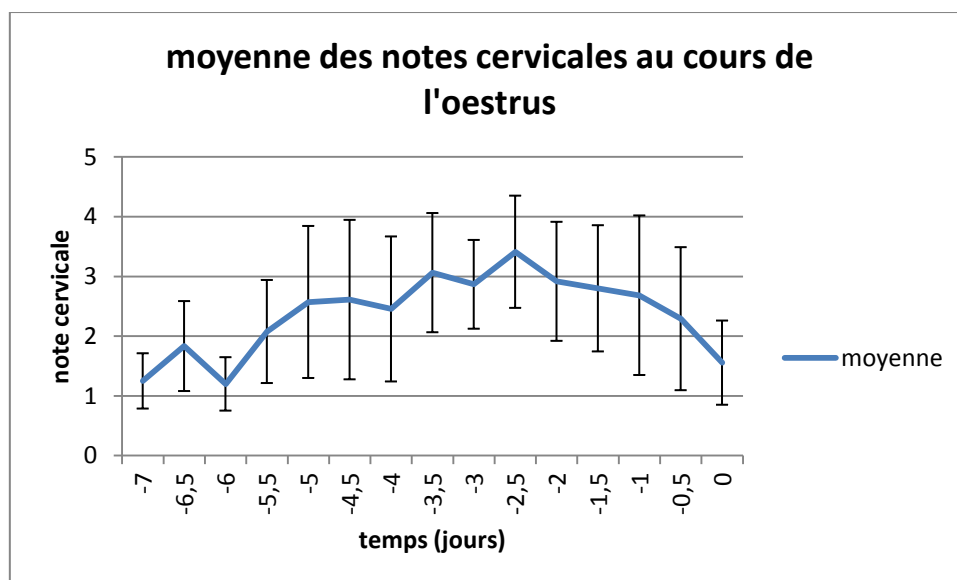


Figure 9 : moyennes des notes cervicales des 16 cycles sur les 4,5 jours précédents l'ovulation (0 = jour de l'ovulation)

Pour trois cycles (Mystie1, Nana1 et Rumba1) le manque de résultats qui se suivent n'ont pas permis de conclure sur la tendance de l'évolution du score cervical. C'est ainsi qu'il ne reste que 13 cycles pour comparer l'évolution des notes cervicales. 11 cycles ont présenté une évolution en cloche des

notes cervicales avec atteinte d'une valeur maximale avant l'oestrus. 2 cycles ont présenté une évolution avec atteinte d'un long plateau de notes cervicales maximales correspondant à une durée de plusieurs examens (6 examens soit 3 jours pour Lady1 et 8 examens soit 4 jours pour Samarie1). Ainsi en nous basant sur les 11 cycles avec une évolution semblable, nous allons tenter de rassembler les résultats de notre étude selon les mêmes critères que ceux utilisés dans le cas du suivi des notes SEE, date d'apparition du pic de SC et modalités de diminution du score après le pic.

***b) Etude de la reproductibilité des facteurs d'interprétation des notes cervicales entre échographes***

Tout d'abord nous allons chercher à savoir si la note maximale atteinte au cours d'un oestrus d'une jument est la même quelque soit l'échographe. La confrontation des notes maximales des 2 échographes a été réalisée sur 20 données, soit 10 oestrus. L'analyse statistique a montré que les dates d'apparition de la note maximale atteinte lors d'un oestrus ne sont pas différentes entre les 2 échographes.

Ensuite nous avons étudié la reproductibilité de la date d'apparition de la première note de SEE égale à 3 au cours d'un oestrus d'une jument entre les 2 échographes. Cette étude a été possible à partir de 16 données soit 8 oestrus. Les dates d'apparition de la première note de SEE de 3 ne sont pas différentes entre les 2 échographes.

Les dates de début de diminution de la note de SEE ont aussi été comparées entre à l'aide de 12 données, soit 6 oestrus. Les dates de début de diminution de la note de SEE au cours de l'oestrus ne sont pas différentes pour les 2 échographes.

Enfin la reproductibilité des dates de retour à une note de SEE de 0 a été étudiée à partir de 16 données, soient 8 oestrus. L'analyse statistique a montré que les dates de retour à une note de SEE de 0 ne sont pas différentes entre les 2 échographes.

**Tableau X : P value obtenues par la confrontation des trois échographes en fonction des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE au cours de l'oestrus**

<b>Facteurs d'interprétation</b>	<b>P value ALOKA/MERLIN</b>
<b>Date d'apparition de la note maximale</b>	<b>0,1108</b>
<b>Date de la première note de SEE de 3</b>	<b>0,3506</b>
<b>Date du début de diminution des notes des SEE</b>	<b>0,1412</b>
<b>Date de retour à une note de SEE de 0</b>	<b>0.7849</b>

### c) *Etude de la reproductibilité des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes cervicales entre les juments*

L'étude de la reproductibilité des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes cervicales entre les juments a été réalisée à partir des résultats des deux échographes ALOKA et MERLIN car ces facteurs présentent une bonne reproductibilité entre ces deux échographes. Des difficultés ont été rencontrées à l'établissement de ces facteurs pour certaines juments à cause de l'absence d'un ou plusieurs échographes ou à cause d'une incapacité à attribuer une note cervicale à un examen donné, ainsi le nombre de facteurs comparés n'est pas toujours le même.

#### (1) Modalités d'apparition de la note cervicale maximale au cours de l'oestrus

En faisant la moyenne des dates d'apparition de la note cervicale maximale des 11 cycles, nous pouvons observer qu'en moyenne elle est maximale 2,9 jours (+/-0,3) avant l'ovulation.

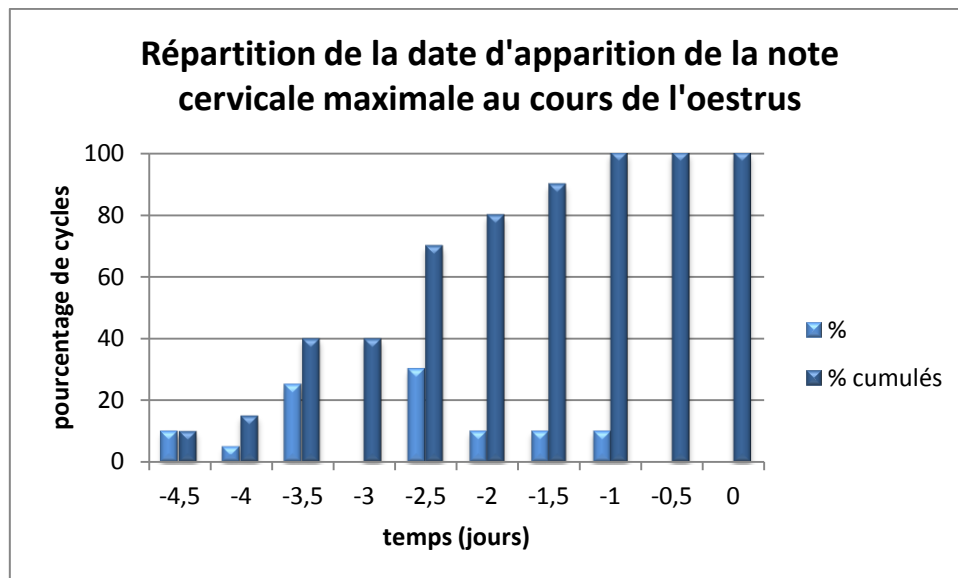


Figure 10 : répartition des cycles en fonction de la date d'apparition de la note cervicale maximale (jour 0= jour de l'ovulation)

La note maximale est toujours atteinte 1 jour avant l'ovulation. Elle est plus souvent atteinte 3,5 et 2,5 jours avant l'ovulation (respectivement dans 25 et 30% des cycles soit 5/11 et 6/11). Dans 80% des cycles, la note maximale a déjà été atteinte 2 jours avant l'ovulation.

De plus la note cervicale maximale observée n'est pas toujours la même. La note cervicale maximale atteinte lors des différents cycles est majoritairement la note 4, pour 70% (7/10) des cycles avec MERLIN et pour 45,5% (5/11) des cycles avec l'ALOKA. La note 5 est atteinte comme valeur maximale pour 10% (1/10) des cycles pour les 2 échographes et la note 3 est atteinte comme valeur maximale pour 20% (2/10) des cycles avec MERLIN et pour 27% (3/11) des cycles avec l'ALOKA.

Comme pour le SEE, le fait que la note cervicale maximale n'ait pas toujours la même valeur rend impossible la détection du moment d'apparition de la note maximale au cours du suivi mais seulement après quand la note cervicale commence à diminuer. Nous avons donc aussi étudié la date d'apparition de la première note supérieure ou égale à 3 au cours de l'oestrus, qui témoigne de l'augmentation du score cervical et qui est identifiable au cours du suivi de l'oestrus contrairement à la date d'apparition de la note maximale. La première note cervicale supérieure ou égale à 3 au cours de l'oestrus apparaît en moyenne 3,8 jours (+/- 0,4). L'étude de la répartition de ces dates entre les cycles montre que la note de 3 est toujours atteinte pour la première fois entre 5,5 et 1,5 jours avant l'ovulation. Elle est atteinte le plus souvent 3,5 jours avant l'ovulation, dans 31% (3/8) des cycles. De plus 100% des cycles ont présenté la première note de 3 au moins 1,5 jours avant l'ovulation.

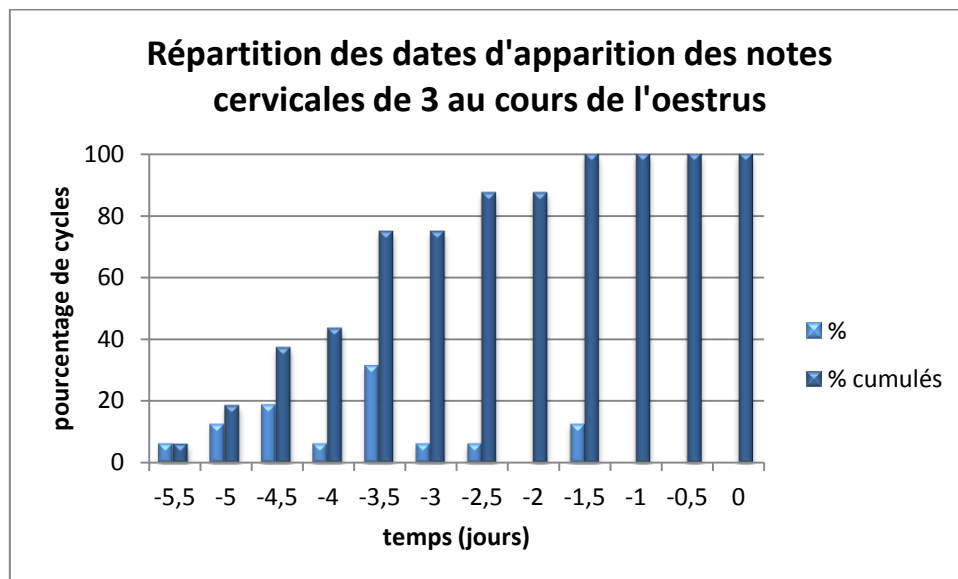


Figure 11: répartition des cycles en fonction de la date d'observation du premier SC supérieur ou égal à 3 (jour 0= jour de l'ovulation)

### (2) Modalité de diminution du SEE avant l'ovulation

La diminution des notes cervicales commence en moyenne 2,2 jours (+/-0,5) avant l'ovulation, résultats obtenus à partir de 6 oestrus.

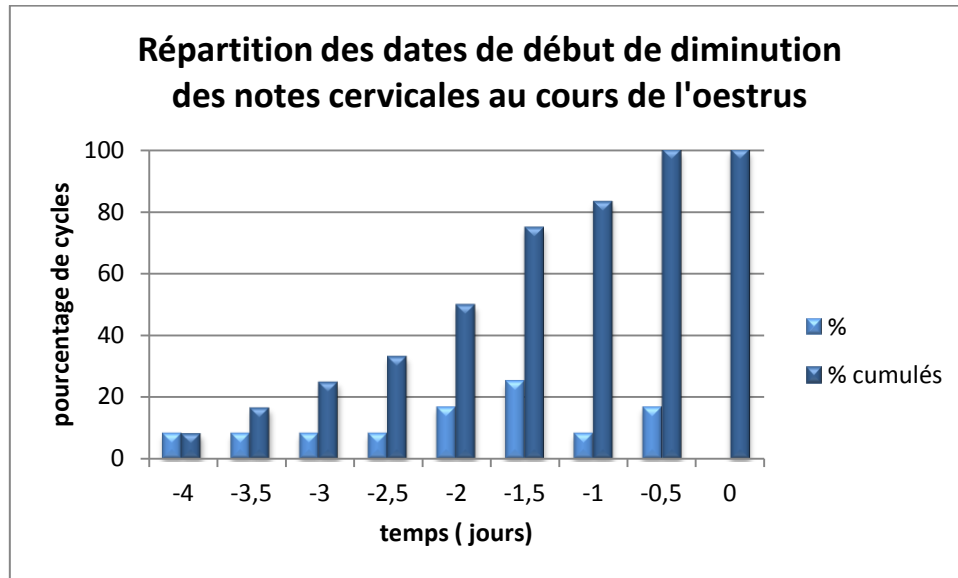


Figure 12: répartition des cycles en fonction de la date de début de diminution des notes cervicales (0= jour de l'ovulation)

Dans 100% des cycles, le début de diminution du score cervical commence avant ou au moment de l'ovulation. La répartition des dates de début de diminution des notes cervicales est assez homogène au cours de l'oestrus. Par ailleurs pour les deux cycles pour lesquels un plateau plus long avait été observé, la diminution commence 12h avant l'ovulation au moment de l'ovulation.

### (3) Modalité de retour à une note cervicale de phase lutéale

D'après Day et al (1995), la note cervicale de phase lutéale est 1 ou 2. Ainsi nous avons pris en compte la diminution de la note cervicale jusqu'à une valeur de 1 ou 2 pour déterminer le retour à une note de phase lutéale. En faisant la moyenne sur 8 oestrus, le retour à une note de phase lutéale a lieu 1,25 jours (+/-0,4) avant l'ovulation.

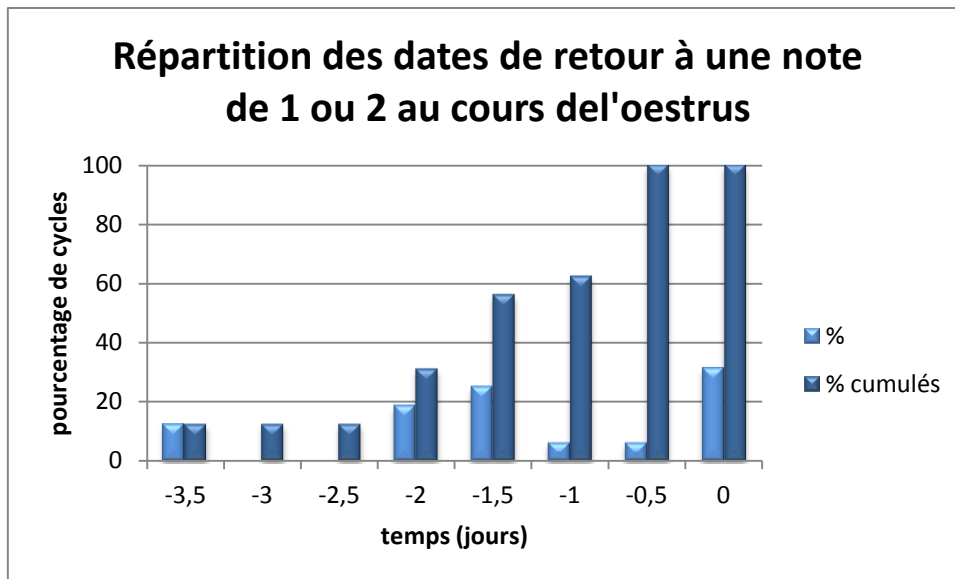


Figure 13 : répartition des cycles en fonction de la date de retour à une note de 1 ou 2 (0= jour de l'ovulation)

Le retour à une note de phase lutéale a lieu pour 31 % des cycles (2,5/8) le jour de l'ovulation, pour 25% des cycles (2/8) 1,5 jours avant l'ovulation, pour 19% des cycles (1,5/8) 2 jours avant l'ovulation, pour 13 % des cycles (1/8) 3,5 jours avant l'ovulation et pour 6 % des cycles (0,5/8) 1 et 0,5 jours avant l'ovulation.

## IV. Discussion et perspectives

### A. Bilan des résultats

#### 1. Les notes de SEE au cours de l'oestrus

L'étude de l'évolution du SEE au cours de l'oestrus a permis la caractérisation de critères d'interprétation de cette évolution : l'apparition de la note maximale de SEE, le début de diminution des notes de SEE, le retour à un SEE de phase lutéale.

#### a) Bilan des données relatives à la comparaison des échographes

##### (1) Comparaison des notes de SEE attribuées

D'après l'analyse statistique selon un modèle à effets mixtes, l'échographe MERLIN permet l'attribution de notes de SEE non différentes des échographes ALOKA et EXAGO, seulement les échographes ALOKA et EXAGO ont eux attribués des notes de SEE différentes. En utilisant un nombre de notes plus important pour la comparaison, c'est-à-dire en ne comparant que les échographes ALOKA et MERLIN, l'analyse portée sur 112 examens (au lieu de 70 avec les 3 échographes) a montré que les notes attribuées étaient différentes entre ces deux échographes. Il est donc difficile de conclure sur la reproductibilité de l'attribution des notes de SEE par différents échographes.

(2) Comparaison des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE

L'analyse statistique comparant les facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE entre les échographes a montré que les valeurs des facteurs obtenues avec les 3 échographes sont majoritairement non différentes, elles sont différentes entre l'échographe ALOKA et les échographes MERLIN et EXAGO pour les dates d'apparition de la première note de SEE 3 et pour les échographes ALOKA et EXAGO pour les dates de retour à une note de SEE de phase lutéale. La comparaison des facteurs d'évolution des notes de SEE entre les échographes ALOKA et MERLIN avec un nombre d'exams plus important a montré une absence de différence significative entre les deux échographes. Ainsi la détermination de facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE paraît assez fiable entre les différents échographes, surtout avec un nombre d'exams plus important. C'est pourquoi nous avons choisi de vous présenter les résultats de la moyenne des facteurs d'interprétation des échographes ALOKA et MERLIN.

**b) Bilan des données relatives à la comparaison des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE entre juments**

(1) Bilan des données relatives à l'apparition de la note maximale de SEE

La note maximale de SEE est atteinte en moyenne 2,23 jours avant l'ovulation en comparant la date d'apparition de la note maximale de SEE des 17 cycles exploitables.

De plus pour 100 % des cycles la note maximale est atteinte avant l'ovulation et dans 88 % des cycles la note maximale est atteinte au moins 24h avant l'ovulation.

Les notes maximales de SEE les plus atteintes avant l'ovulation sont 3 et 4. Une seule jument et seulement avec l'échographe MERLIN a présenté des SEE toujours inférieurs à 3 tout au long de l'oestrus.

La valeur 3 est atteinte pour la première fois en moyenne 3,25 jours avant l'ovulation. Pour 100% des cycles, la valeur 3 est atteinte au moins 24h avant l'ovulation et dans la majorité des cas elle est atteinte 3 ou 4 jours avant l'ovulation.

(2) Bilan des données relatives à la diminution des notes de SEE

Le début de diminution du pic du SEE est observable en moyenne 1,7 jours (+/- 0,9 jour) avant l'ovulation.

De plus pour 100% des cycles les notes de SEE ont commencé à diminuer avant le moment où l'ovulation a été constatée, pour 96% des cycles les notes de SEE ont commencé à diminuer au moins 12h avant l'ovulation, dans 86 % des cycles les notes de SEE a commencé à diminuer au moins 24h avant l'ovulation. La diminution de l'œdème utérin commence donc avant l'ovulation.

(3) Bilan des données relatives au retour à une note de SEE de phase lutéale

Le retour à une note de SEE de 0, le SEE observé en phase lutéale, est plus souvent observé, avant ou le jour même de l'ovulation (64%) mais peut aussi être observé après l'ovulation (36%). En dehors de



toute insémination, ce retour à une échotexture de phase lutéale de l'utérus semble avoir lieu majoritairement le jour de l'ovulation.

L'insémination semble retarder le retour de l'utérus à son état de diestrus, ceci peut être expliqué par l'inflammation physiologique induite par l'insémination.

### ***c) Bilan sur l'intérêt du suivi de l'échotexture de l'utérus dans la prédiction de l'ovulation***

L'intérêt réside dans la prédiction de l'ovulation mais surtout dans la prédiction du moment optimal d'insémination des juments.

L'ovulation a toujours lieu au moins 12h après que l'œdème utérin ait atteint son maximum et le plus souvent au moins 24h après l'atteinte de ce maximum. Ce maximum correspond majoritairement à une note de SEE de 3 ou 4 et n'est pas inférieur à 3 à l'exception d'un cycle. La note maximale de SEE, comme nous l'avons décrit dans notre étude, ne peut être réellement connue qu'à posteriori, après notation quotidienne de l'œdème pendant l'oestrus. Ainsi sur le terrain, il est plus judicieux de se servir de l'observation du premier SEE supérieur ou égal à 3 et du début de diminution du SEE. En effet, le premier SEE supérieur ou égal à 3 est toujours observé au moins 24h avant l'ovulation et très souvent le 3<sup>ème</sup> jour avant l'ovulation. Le début de diminution de l'œdème utérin après atteinte du maximum, lui est toujours observé au moins au moment de l'ovulation, presque toujours au moins 12h avant l'ovulation et dans la majorité des cas observé au moins 24h avant l'ovulation.

Ainsi les conséquences de ces observations vont être importantes pour prédire l'ovulation et pour déterminer le moment optimal pour inséminer. Il faut garder en tête que le suivi conjoint de l'utérus et des ovaires est primordial. Dans le cas d'une évolution favorable des ovaires (diamètre du follicule dominant, contour du follicule) le mieux est de ne pas inséminer une jument tant :

- qu'il n'y a pas eu d'augmentation de l'œdème utérin jusqu'à atteindre une note de SEE de 3
- qu'aucune diminution de l'œdème n'est observée après atteinte d'une note de SEE supérieure ou égale à 3

Les conseils vont varier en fonction du mode de conservation de la semence utilisée et de sa fertilité.

Rappel : Les spermatozoïdes ont une durée de vie plus longue (plusieurs jours) que l'ovocyte (plusieurs heures). Ainsi la période où la fécondation est possible est très courte de l'ordre de 6 à 8h après ovulation. L'insémination doit être la plus proche possible de l'ovulation.

- Cas de la monte naturelle ou de l'insémination avec du sperme frais :

C'est dans le cas de la monte naturelle ou de l'insémination avec du sperme frais (semence prélevée depuis moins d'une heure) que la fertilité est la plus importante, ainsi la dernière insémination peut avoir lieu dans les 72h avant l'ovulation.

Ainsi le suivi échographique rapproché évaluant l'évolution de l'œdème de l'utérus ne semble pas primordial, cependant il peut être intéressant dans le cas de monte naturelle ou le nombre de sauts est limité. Dans ce cas, il faudrait attendre d'observer une augmentation de l'œdème utérin jusqu'à une note de SEE d'au moins 3 pour faire saillir la jument.

- Cas de l'insémination avec du sperme réfrigéré:

La fertilité de la semence réfrigérée diminue avec le temps de stockage et est couramment utilisée dans les 24h voir les 48h après prélèvement. Dans le cas de sperme réfrigéré depuis moins de 12h, la dernière insémination doit avoir lieu au maximum 48h avant l'ovulation car les spermatozoïdes peuvent survivre jusqu'à 2 jours dans les voies génitales de la jument. Plus le temps de stockage du sperme réfrigéré est grand plus sa fertilité diminue et se rapproche du sperme congelé. (Brinsko et al, 2011). De plus le nombre de doses de sperme réfrigéré est limité.

Dans ce cas, l'échographie de l'utérus est intéressante pour prédire au mieux l'imminence de l'ovulation. Pour ceci, il faudrait attendre d'observer une augmentation de l'oedème utérin jusqu'à une note de SEE d'au moins 3 avant d'inséminer la jument.

- Cas de l'insémination avec du sperme congelé :

Dans le cas de sperme congelé, la dernière insémination doit avoir lieu maximum 24 à 12h avant l'ovulation (Brinsko et al, 2011). Le nombre de doses est aussi limité.

Dans ce cas, l'échographie de l'utérus est nécessaire, il faut observer une augmentation de l'oedème utérin jusqu'à une note de SEE d'au moins 3 mais aussi observer le début de diminution de l'oedème utérin avant d'inséminer.

Ainsi, le suivi échographique de l'évolution de l'oedème utérin est être fort utile d'utilisation dans le cas de dose de sperme congelé et réfrigéré.

Par ailleurs le suivi échographique de l'évolution de l'oedème utérin est aussi intéressant quand le nombre d'inséminations par cycle est limité, notamment pour une semence rare et chère ou pour les juments prédisposées aux endométrites post-saillies. En effet pour ces juments, une des façons de prévenir les endométrites post-insémination est d'inséminer le moins possible. Ainsi tous les facteurs de prédictions de l'ovulation doivent être recherchés pour utiliser au mieux les doses de sperme (Pycocck, 2005).

Le retour à un SEE 0 semble être un critère plus difficile à utiliser pour prédire l'ovulation et donc le moment pour inséminer, tout d'abord car il est souvent concomitant de l'ovulation donc ne permet pas sa prédiction et de plus il est largement influencé par les inséminations réalisées avant l'ovulation.

Pour conclure, l'étude de l'évolution du SEE au cours de l'oestrus a permis l'obtention de critères prédisant l'absence d'ovulation avant une date précise, c'est-à-dire, l'absence d'augmentation du score jusqu'à une valeur de 3 ou bien l'absence de diminution du SEE après le pic.

## **2. Les notes cervicales au cours de l'oestrus**

### ***a) Bilan des données relatives à la comparaison des échographes***

#### **(1) Comparaison des notes cervicales attribuées**

D'après l'analyse statistique selon un modèle à effets mixtes, l'échographe ALOKA permet l'attribution de notes cervicales non différentes des échographes MERLIN et EXAGO, seulement les échographes MERLIN et EXAGO ont eux attribué des notes cervicales différentes. En utilisant un

nombre de notes plus important pour la comparaison, c'est-à-dire en ne comparant que les échographes ALOKA et MERLIN, l'analyse portée sur 71 examens (au lieu de 20 avec les 3 échographes) a montré que les notes attribuées ne sont pas différentes entre ces deux échographes. Ainsi la reproductibilité de l'attribution des notes cervicales entre échographes est bonne.

(2) Comparaison des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes cervicales

L'analyse statistique comparant les facteurs d'interprétation de l'évolution des notes cervicales entre les échographes ALOKA et MERLIN a montré que les valeurs des facteurs obtenues ne sont pas différentes. Ainsi la détermination de facteurs d'interprétation de l'évolution des notes cervicales paraît fiable entre les différents échographes. C'est pourquoi nous avons choisi de vous présenter les résultats de la moyenne des facteurs d'interprétation des échographes ALOKA et MERLIN.

**b) Bilan des données relatives à l'évolution globale du SC au cours de l'oestrus**

La notation cervicale a pu être établie pour seulement 63% (MERLIN) à 67% (ALOKA) des examens. Nous avons remarqué que l'échotexture du col variait au cours de l'oestrus de la même façon pour 11 cycles sur 13 avec une augmentation des notes cervicales au début de l'oestrus, atteinte d'un maximum, parfois pendant 2 examens consécutifs, puis diminution des notes cervicales. Les deux autres cycles ont suivi une évolution similaire mais avec un plateau maximal qui a duré de 6 à 8 examens soit 3 à 4 jours.

**c) Bilan des données relatives aux critères d'évolution des SC au cours de l'oestrus**

(1) Bilan des données relatives à l'apparition de la note cervicale maximale

La note cervicale maximale est atteinte en moyenne 2,9 jours avant l'ovulation.. De plus dans 100 % des cycles où une ovulation a été observée, la note cervicale maximale est atteinte au moins 24h avant l'ovulation et dans 81 % à 90% des cycles le pic est atteint au moins 48h avant l'ovulation. La note maximale majoritairement atteinte est 4 puis 3.

La valeur 3 est atteinte pour la première fois en moyenne 3,75 jours avant l'ovulation. Dans 100% des cycles, la valeur 3 est atteinte pour la première fois entre 5,5 et 1,5 jours avant l'ovulation.

(2) Bilan des données relatives à la diminution des notes cervicales

Le début de diminution du pic de SC est observable 2,16 jours en moyenne avant l'ovulation. La diminution de l'œdème cervical commence donc avant ou au moment de l'ovulation. Cette diminution commence aussi avant ou au moment de l'ovulation pour les deux cycles présentant des plateaux plus longs de SC.

La date de début de diminution des notes cervicales au cours de l'oestrus est assez répartie sur l'ensemble de l'oestrus. Simplement, le début de diminution du score cervical a toujours lieu avant ou au moment de l'ovulation.

Ce critère paraît plus aléatoire que le précédent, notamment sa distribution au cours de l'oestrus est plus homogène.

(3) Bilan des données relatives au retour à une note cervicale de phase lutéale

Le retour à une note cervicale de phase lutéale soit une valeur de 1 ou 2 arrive en moyenne 1,25 jours avant l'ovulation. La répartition de la date de retour des notes cervicales à une note de phase lutéale indique que ce retour a lieu avant ou après l'ovulation, sans qu'une réelle période soit identifiable.

***d) Bilan sur l'intérêt du suivi des notes cervicales dans la prédiction de l'ovulation***

L'intérêt réside dans la prédiction de l'ovulation mais surtout dans la prédiction du moment optimal d'insémination des juments.

L'ovulation a toujours lieu au moins 24h après que la note cervicale maximale soit atteinte et a très souvent lieu 48h après que celle-ci soit atteinte. De plus, aucune ovulation n'a lieu si la note cervicale n'a pas atteint la valeur 3 pendant le cycle oestral. Or, comme la note maximale de SEE, la note maximale cervicale ne peut être établie qu'après observation de la diminution des notes. Ainsi sur le terrain, il est plus judicieux de se servir de l'observation d'une note cervicale supérieure ou égale à 3 pour prédire l'ovulation. Cette observation est toujours réalisée au moins 1,5 jours avant l'ovulation. La diminution de l'œdème cervical ne permet pas une datation précise de l'ovulation. Attention cependant, l'évolution du SC chez 3 juments qui n'ont pas ovulé au cours d'un cycle oestral a montré que l'augmentation des SC était conservée, mimant l'imminence d'une ovulation. Cette augmentation de SC n'était pas corrélée avec une augmentation de SEE.

Ainsi nous pourrions ajouter au conseil de suivi de l'évolution de l'œdème utérin, le suivi de l'évolution du col. Le mieux serait de ne pas inséminer une jument tant :

- qu'il n'y a pas eu d'augmentation de la note cervicale jusqu'à atteindre une valeur supérieure ou égale à 3

Sachant que l'atteinte d'une note de 3 prédit une ovulation dans plus de 1,5 jours et très probablement 3 jours avant, il ne faut pas inséminer avec du sperme congelé et il est fortement conseillé de ne pas inséminer non plus avec du sperme frais une jument n'ayant pas présenté de note cervicale supérieure ou égale à 3 au cours de l'oestrus.

Pour conclure, l'étude de l'évolution des notes cervicales au cours de l'oestrus a permis l'obtention de conclusions similaires de celle portant sur l'utérus, l'absence d'augmentation de la note jusqu'à une valeur de 3 prédit que l'ovulation n'aura pas lieu dans les 24 prochaines heures et très probablement pas dans les 72 prochaines heures. Cependant l'étude sur les juments qui n'ont pas ovulé suggère qu'il faut toujours étudier l'aspect échographique du col en lien avec les autres paramètres de prédiction de l'ovulation et notamment avec l'aspect échographique de l'utérus.

### 3. Bilan sur l'observation simultanée des 2 systèmes de notation

L'observation et l'interprétation de ces 2 systèmes de notation sont comparées et nous allons rechercher si l'établissement simultané des 2 scores permet une meilleure prédiction de l'ovulation.

#### a) Comparaison des résultats fournis par l'étude de ces 2 scores

L'évolution globale de ces deux systèmes de notation est similaire, avec augmentation des notes au début de l'oestrus, atteinte d'une valeur maximale puis diminution des notes avant l'ovulation, retour fréquent à une note base au moment de l'ovulation.

En comparant les moyennes des dates d'apparition des notes maximales cervicales et de SEE, nous pouvons remarquer que la note maximale cervicale est atteinte plus tôt (2,9 jours avant l'ovulation), que la note maximale de SEE (2,23 jours avant l'ovulation). De plus, en comparant la répartition de l'apparition des notes maximales cervicales et de SEE, nous pouvons noter que la note maximale de SEE a une répartition plus proche de l'ovulation que la note cervicale maximale. Ainsi la note maximale cervicale peut prédire l'ovulation 24 à 72h avant alors que la note maximale de SEE va prédire une ovulation moins de 24h avant qu'elle ait lieu. Ces 2 critères sont donc complémentaires.

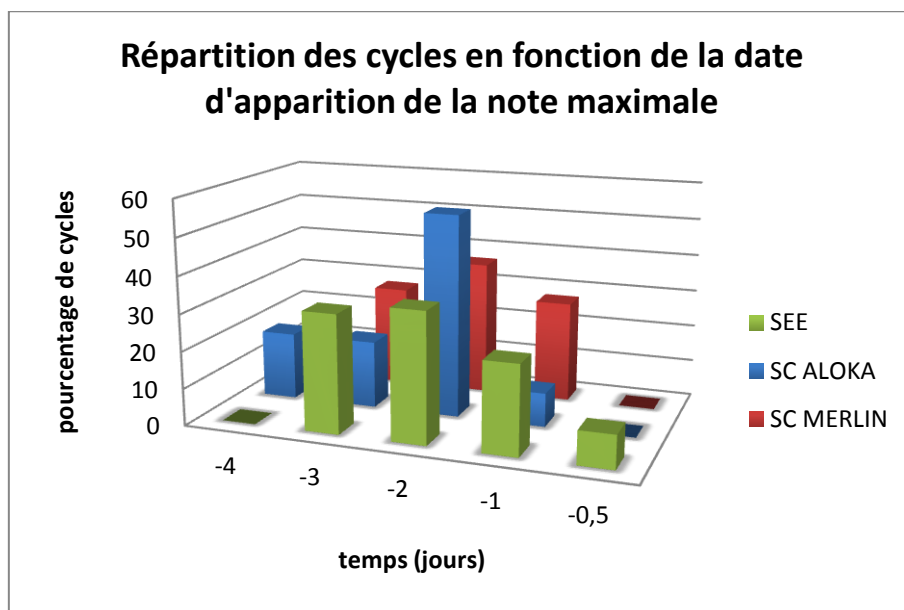


Figure 14 : répartition des 17 cycles en fonction de la date d'apparition des notes maximales cervicales et de SEE (0= jour de l'ovulation et SC = note cervicale)

Le suivi de l'évolution des deux scores au cours de l'oestrus n'a pas permis la mise en évidence d'une valeur maximale commune à tous les cycles, ce sont les scores 3 et 4 qui sont majoritairement atteints en tant que valeur maximale pour les systèmes de notation. Ceci rend impossible la détection de la date d'apparition de la valeur maximale au cours du suivi de l'oestrus.

Ainsi, nous pouvons comparer la date de la première observation d'une note supérieure ou égale à 3. En regardant la moyenne des dates d'apparition des notes supérieures ou égales à 3, la valeur 3 est

atteinte un peu plus tôt pour le col (3,75 jours avant l'ovulation) que pour le corps de l'utérus (3,3 jours avant l'ovulation). Au niveau de la répartition des dates d'observation des scores supérieurs ou égaux à 3, elle est assez proche entre le SEE et le SC avec MERLIN avec une réapparition plus fréquente le 3<sup>ème</sup> jour avant l'ovulation, ceci n'est pas vrai pour les SC de l'ALOKA. Ainsi l'absence d'observation d'une note d'échotexture utérine ou cervicale supérieure ou égale à 3 nous permet de dire que l'ovulation n'aura pas lieu dans les 24 prochaines heures et il y a peu de chance pour qu'elle ait lieu dans les 48h.

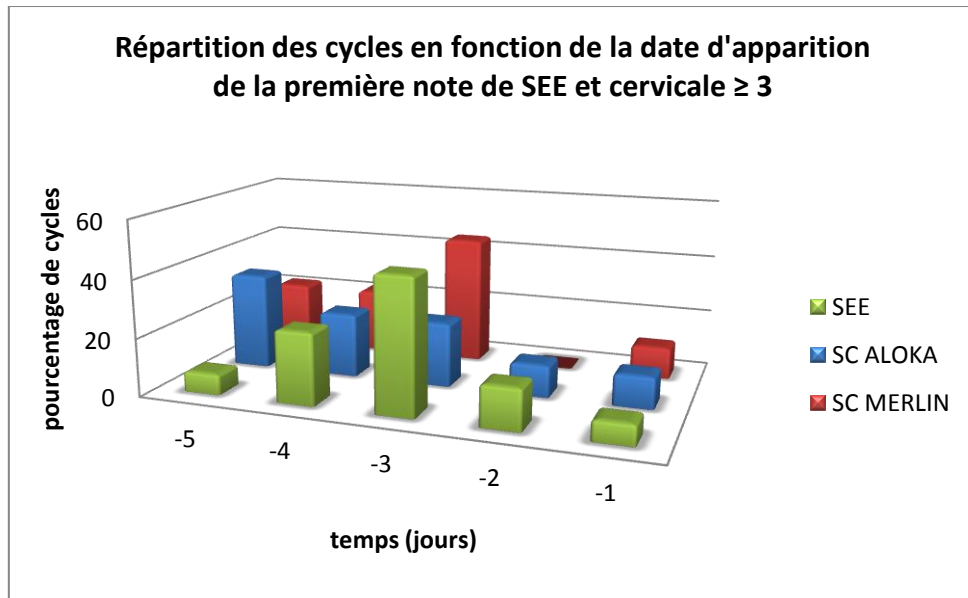


Figure 15 : répartition des 11 cycles en fonction de la date d'apparition de la première note cervicale ou de SEE supérieure ou égale à 3 au cours de l'oestrus (0= jour de l'ovulation et SC= note cervicale)

Par ailleurs en comparant la répartition du début de diminution des notes cervicales et de SEE entre les cycles, nous pouvons noter qu'à l'opposé de celle pour l'atteinte de la valeur maximale, il n'y a pas de similitude marquée entre la répartition des dates de début de diminution des ces deux systèmes de notation.

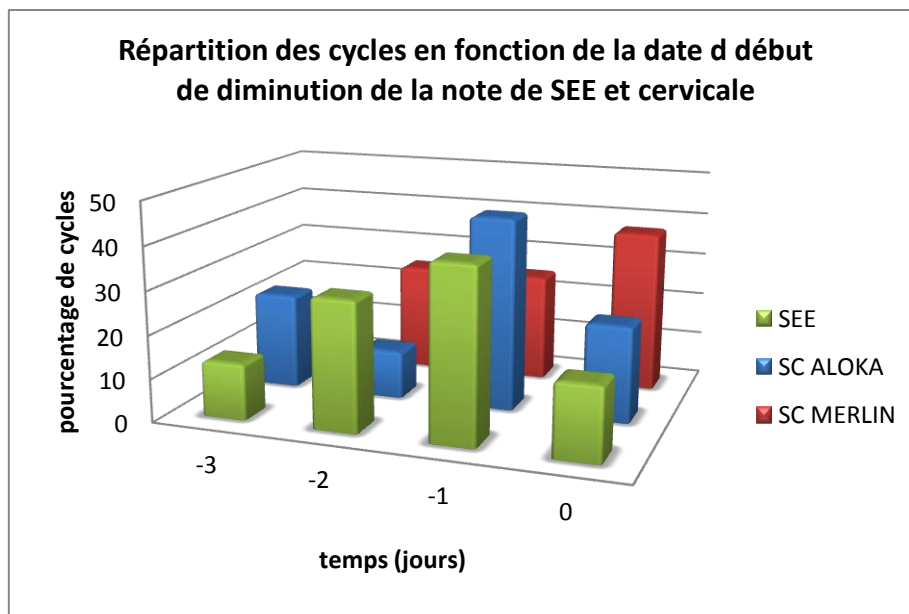


Figure 16: répartition des 17 cycles en fonction de la date de début de diminution des notes cervicales et de SEE (0= jour de l'ovulation et SC= note cervicale)

***b) Bilan sur l'intérêt du suivi simultané des 2 scores pour la prédiction de l'ovulation***

Les résultats de l'étude de ces deux systèmes de notation au cours de l'oestrus concernant la prédiction de l'ovulation sont rassemblés ici :

- L'apparition d'une note cervicale supérieure ou égale à 3 prédit une ovulation plus de 24h et très probablement plus de 48h avant.
- L'apparition d'une note de SEE supérieure ou égale à 3 prédit une ovulation plus de 24h et le plus souvent plus de 48h avant
- Le début de diminution des notes SEE prédit une ovulation plus de 12h et souvent plus de 24h avant

Nous pouvons remarquer que ces résultats concernant les notes de SEE et cervicales sont cohérents quant à la possibilité de prédiction de l'ovulation. La valeur maximale cervicale est souvent atteinte avant la valeur maximale de SEE mais ceci est à une demi-journée près. De plus l'interprétation des résultats de l'évolution des notes cervicales ne peut se faire sans celle des notes de SEE, car les notes cervicales semblent augmenter aussi en l'absence d'ovulation. Les notes de SEE restent donc le système de notation le plus informatif dans la prédiction de l'ovulation.

La prédiction de l'ovulation permet de donner des conseils quant à la date d'insémination. Le mieux est de ne pas inséminer une jument tant :

- qu'il n'y a pas eu d'augmentation des notes cervicales jusqu'à atteindre une valeur de 3
- qu'il n'y a pas eu d'augmentation de l'œdème utérin jusqu'à atteindre une note de SEE de 3
- qu'aucune diminution de l'œdème n'est observée même si la valeur 3 est atteinte

L'observation simultanée des deux notes montre l'obtention de résultats cohérents même si le suivi de l'échotexture du col ne paraît pas indispensable.

#### **4. Bilan sur la comparaison des 3 échographes**

Les 3 échographes présentent des différences de caractéristiques techniques, des différences dans l'évaluation des notes pour les 2 systèmes de notation mais des évolutions de notes globalement comparables.

##### ***a) Comparaison de la technicité des échographes***


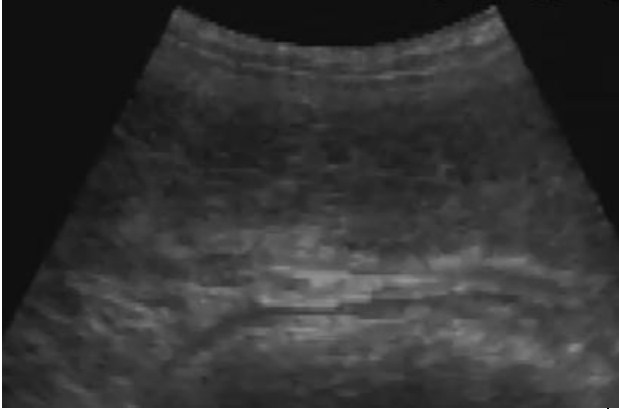
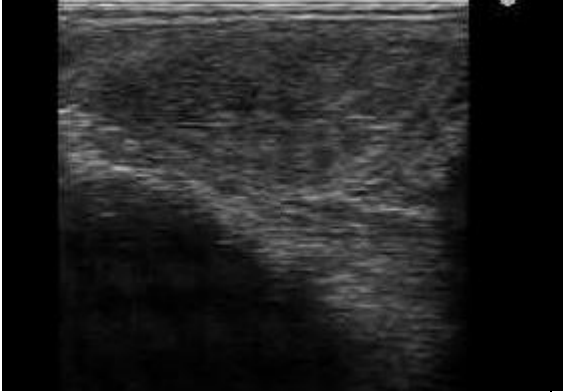
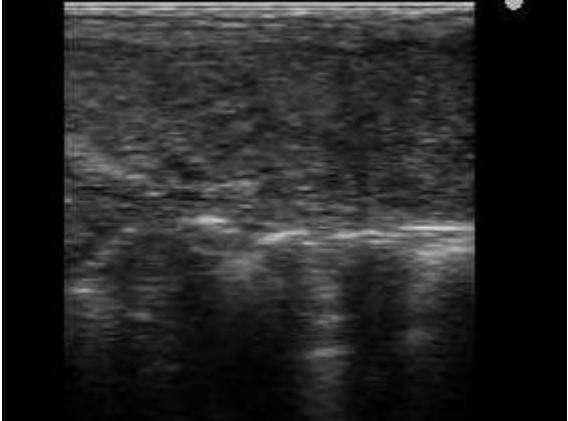


Les différences techniques relevées entre les trois échographes utilisés sont le mode de récupération des images, la résolution et la qualité des images obtenues.

Nous avons séparé le temps de prise des images et le temps de lecture, ainsi nous avons enregistré les images puis nous les avons visionnées sur ordinateur pour les échographes ALOKA ET EXAGO, or ceci était impossible pour l'échographe MERLIN. Avec cet échographe nous avons réalisé une courte séquence de film de l'échographie de l'appareil génital que nous avons visionnée plus tard sur ordinateur. Nous avons pu remarquer que l'évaluation de la note de l'échotexture utérine et cervicale est plus facile et plus représentatif sur film que sur images arrêtées. En effet nous pouvions établir une note d'œdème utérin à partir d'une vue d'ensemble des cornes et du corps de l'utérus plutôt qu'à partir de trois images, une du corps et une de chaque corne. Et ceci est d'autant plus vrai que nous avons remarqué que l'œdème peut être localisé à une partie d'une corne ou au corps aléatoirement au cours du cycle. Le score cervical lui aussi était plus pratique à établir sur support film car la localisation du col est facilitée. Sur le terrain, les notes sont établies au cours de l'examen échographique et donc sur des images dynamiques et non sur des images arrêtées.

De plus la qualité des images échographiques est assez différente, l'EXAGO a une résolution d'image nettement supérieure aux autres permettant d'observer la distinction entre les replis endométriaux en présence d'un très léger œdème voir même en l'absence d'œdème. Ceci rend plus compliquée l'interprétation de la présence ou absence d'œdème et nécessite une bonne habitude de lecture d'images sur l'appareil en comparant les images sur plusieurs juments et à plusieurs stades du cycle oestral. L'ALOKA présente une bonne résolution d'image, intermédiaire entre l'EXAGO et MERLIN, avec une simplicité de lecture d'image car la présence d'une distinction des replis endométriaux est directement corrélée à la présence d'un œdème utérin et donc d'une augmentation des notes de SEE. Pour MERLIN, la résolution était moins bonne, c'est le plus ancien échographe de notre étude, ainsi les limites de l'utérus et les variations de tons étaient moins visibles, l'image est globalement plus grise qu'avec les deux autres échographes. Pour imager ce que nous décrivons, ci-dessous sont présentées une coupe transversale et une coupe longitudinale du corps de l'utérus avec chacun des échographes pour la même jument le même jour (le 10/07 au matin).



**Tableau XI : Images échographiques de l'utérus (une coupe transversale de corne utérine et une coupe longitudinale de corne utérine) de Salva le 10/07 avec chacun des trois échographes pour lesquelles une note de SEE de 0 a été établie**

	Coupe transversale de corne utérine	Coupe longitudinale du corps utérin
M E R L I N		
A L O K A		
E X A G O		

Le contraste est plus important avec l'EXAGO avec lequel la visualisation des replis endométriaux est possible même si la jument a ovulé il y a 4 jours (interoestrus). Avec les deux autres échographes à la même date les replis endométriaux ne sont pas visibles. Les échographes de nouvelles générations comme l'EXAGO nous permettent l'observation de structure non distinguable auparavant mais peuvent compliquer certaines fois le diagnostic. La clef pour pallier aux différences de capacité technique entre les échographes est l'entraînement de l'expérimentateur à la lecture et à l'interprétation des images de l'échographe qu'il utilise. En pratique le vétérinaire s'habitue à son échographe et peut ajuster les critères de notation donnés par la bibliographie.

En ce qui concerne le système de notation cervicale, il est aussi affecté par la qualité de l'image car il résulte de la distinction de la limite entre la musculuse et la muqueuse et de différences d'échogénicité. Cependant le premier problème de mode de récupération des images et donc de localisation du col nous a semblé être un facteur plus important de variation de l'établissement des notes cervicales que l'échographe en lui-même.

### ***b) Des notes attribuées plus ou moins reproductibles entre les échographes***

Les notes établies pour les deux systèmes de notation ont une reproductibilité limitée. En effet pour chacun des deux systèmes de notation, deux échographes établissent significativement des notes différentes entre eux. Ces deux échographes ne sont pas les mêmes pour les deux systèmes de notation. Ceci peut être expliqué par la qualité de résolution différente entre les échographes, par les constantes employées qui ont varié au cours de notre expérience ainsi que par la capture et le mode de récupération des images permettant l'établissement des scores. En effet les trois échographes présentent une qualité d'images différente qui modifie les nuances de gris primordiales dans l'établissement des différents scores. De plus nous n'avons pas assez attaché d'importance lors de nos manipulations aux constantes et réglages employés, ce qui modifiait aussi la qualité de l'image obtenue.

Ainsi ces modalités différentes de prises de données et d'interprétation ont probablement contribué aux différences obtenues entre les trois échographes.

### ***c) Une évolution comparable des notes de SEE et cervicales au cours de l'oestrus***

Malgré la non similitude des notes de SEE et cervicales attribuées, les critères d'interprétation de l'évolution des systèmes de notation au cours de l'oestrus sont assez comparables entre les échographes.

Les facteurs d'interprétation de l'évolution des notes cervicales au cours de l'oestrus ne sont pas différents entre les 2 échographes comparés (ALOKA et MERLIN). Les facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE au cours de l'oestrus sont pour plus de la moitié comparables entre les 3 échographes et sont tous comparables entre les 2 échographes, ALOKA et MERLIN.

Ainsi la prédiction de l'ovulation grâce à ces critères d'interprétation de l'évolution des notes de SEE et cervicales au cours de l'oestrus est globalement reproductible entre les échographes. L'établissement des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE et cervicales peut être considéré comme indépendant de l'échographe utilisé.

Ainsi nous pouvons conclure cette partie en disant, que l'attribution des notes dépend de l'échographe utilisé, mais l'établissement des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE et cervicales peut être considéré comme indépendant de l'échographe utilisé.

## **B. Validité des résultats**

### **1. Choix des paramètres de l'étude**

#### ***a) Echantillon de juments utilisées***

Les juments utilisées dans notre étude font partie du troupeau expérimental d'Oniris. Elles sont très peu montées et seulement pour des balades, mais elles sont utilisées plusieurs fois par semaine pour des travaux pratiques de reproduction. Il aurait pu être intéressant d'étudier l'échotexture de l'utérus (corps et col) sur des juments pour lesquelles des principes actifs sont utilisés pour induire l'ovulation ou sur des juments donneuses d'embryon afin d'évaluer l'effet des principes actifs sur l'échotexture de l'utérus.

Les juments utilisées sont d'âges variés entre 4 et 14 ans avec une moyenne de 8 ans. Cet échantillon d'âge est assez représentatif de l'âge des juments mise à la reproduction, même s'il manque les très jeunes et les vieilles juments. La majorité des juments est de race Trotteur Français, à l'exception de trois juments.

Le nombre de juments faisant partie initialement de l'étude était 19, juments suivies sur deux cycles consécutifs, ce qui nous permettait d'interpréter 38 cycles. Or les travaux pratiques ayant encore lieu pendant le premier cycle suivi, plusieurs juments ont été inséminées, perturbant l'environnement utérin avec accumulation très fréquente de liquide intra-luminal. La présence de liquide fait passer directement la note de SEE à 5 même si l'œdème utérin paraît peu important. De plus 6 juments sont devenues gestantes. Ainsi seulement 17 cycles ont été interprétables diminuant de plus de la moitié le nombre de cycles interprétables. Cependant ces désagréments nous ont permis de voir que l'interprétation de l'évolution des notes de SEE chez des juments inséminées était plus difficile. Ainsi en pratique la mise à la reproduction des juments modifie les critères d'interprétation de l'évolution des notes de SEE.

#### ***b) Période de l'expérience***

Notre étude s'est étendue de début juin à mi-juillet, c'est-à-dire plutôt en milieu et fin de saison de reproduction. Le choix de la période a été fait pour des raisons pratiques de disponibilité des expérimentateurs et de disponibilité des juments du troupeau expérimental

### **c) *Protocole expérimental***

Il a été choisi de réaliser l'étude à deux, chaque opérateur échographiant à chaque examen les ovaires et l'utérus d'une jument donnée avec les trois échographes. Les deux expérimentateurs échographiaient indépendamment toutes les juments. Cependant, la plupart du temps il y avait 8 juments à suivre en même temps et à deux, l'ensemble des échographies entre 2 et 3 heures, ça aurait été beaucoup trop fastidieux à faire seul. Ainsi les deux expérimentateurs ont suivi un même protocole de choix d'images échographiques, une coupe de chaque corne, une coupe la plus caudale possible du corps de l'utérus et une coupe plus craniale. Les moyens de description pour que les coupes soient réalisées au même endroit sont limités vu la disposition anatomique de l'utérus dans l'abdomen. Ainsi la réalisation de plusieurs coupes de cornes a souvent été nécessaire pour être le plus complet possible. La réalisation d'images échographiques du col a été plus hasardeuse surtout au début de l'étude, moment où les expérimentateurs étaient peu familiarisés avec l'échotexture du col.

### **d) *Echographes et choix des constantes***

Nous avons choisi de comparer 3 échographes, d'âge et de qualité différents. Nous avons réussi à montrer une bonne reproductibilité des facteurs d'interprétation de l'évolution des notes de SEE et cervicales entre respectivement 3 et 2 échographes. Nous n'avons pas pu montrer une indépendance dans l'attribution des notes cervicales et de SEE entre les échographes. Pour compléter l'étude, la reproductibilité des résultats de l'étude de l'échotexture de l'utérus pourrait être montrée avec un nombre plus important d'échographes. De plus aucune des sondes des trois échographes que nous avons utilisées n'était semblable: une sonde semi convexe de 5 MHz, une sonde linéaire de 5 Mhz, et une sonde linéaire à fréquence variable de 5 ou 7,5 MHz. Afin de comparer strictement les trois échographes nous aurions dû utiliser les mêmes types de sondes et à la même fréquence d'ultrason ou alors pour être plus exhaustif, nous aurions pu comparer pour les échographes qui le permettent les images obtenues avec une sonde semi-convexe et une sonde linéaire. De plus nous avons fait varier le gain au cours de nos échographies sans suivre un protocole précis, seulement dans le but d'obtenir de meilleures images. Ainsi nous ne pouvons pas donner de conseil sur le gain.

Cependant sur le terrain, le vétérinaire s'adapte à la sonde et au modèle d'échographe dont il dispose et ajuste le gain le plus rapidement possible dans le but d'obtenir une image de qualité satisfaisante pour permettre son interprétation.

### **e) *Démarrage des suivis***

Les juments faisant partie du troupeau pédagogique d'Oniris, au cours de la période d'enseignement chaque cycle oestral sont suivies par les étudiants et les observations sont rapportées dans un tableau. Ainsi nous échographions pour la première fois les juments 14 jours après le constat de leur dernière ovulation.

Sur le terrain, les éleveurs connaissant leurs juments peuvent prévenir du début de suivi en présentant la jument aux vétérinaires 14 à 15 jours après la fin de l'oestrus (signes de chaleurs) précédent. Sur le terrain, le suivi des juments peut aussi commencer à tout moment, quand la

jument commence à présenter des signes d'oestrus, quand la jument présente des signes d'oestrus depuis quelques jours ou alors quand la jument ne montre aucun ou très peu de signes de chaleur. Avec l'étude systématique de l'ensemble de l'oestrus de la jument que nous avons réalisée, nous voulons établir des critères permettant d'aider les praticiens dans ces différents cas de terrain.

### ***f) Rythme d'échographie***

Les juments devaient être échographiées au cours de l'oestrus toutes les 24h pour les juments ayant des follicules de diamètre inférieur à 25 mm, toutes les 12h pour les juments ayant au moins un des follicules supérieur à 25 mm de diamètre et ce jusqu'à l'ovulation. Cependant quelques juments n'ont pas été échographiées toutes les 12h mais toutes les 24h pendant un ou deux jours au cours du second cycle. En effet comme plusieurs juments n'avaient pas ovulé au premier cycle et qu'à certains moments nous avons beaucoup de juments à échographier, nous avons quelques fois anticipé sur une possible non ovulation et donc espacé les suivis. Ainsi nous avons manqué quelques examens à 12h d'intervalles, mais il n'y avait jamais plus de 24h entre 2 examens échographiques.

Nous avons choisi de réaliser les examens échographiques au cours de l'oestrus toutes les 12h, en pratique les vétérinaires réalisent le plus souvent des échographies une seule fois par jour mais ce suivi peut être plus rapproché toutes les 12h, voir toutes les 8h pour des juments de hautes valeurs génétiques ou si le sperme qui va être utilisé est congelé ou avec une fertilité limitée. Ainsi le rythme d'échographie utilisé dans ce protocole est faisable en pratique mais ce n'est pas le plus répandu. Cependant les conclusions de notre étude pourront peut-être aider les vétérinaires à montrer l'importance du suivi rapproché des juments afin de prédire au mieux l'ovulation et de diminuer le nombre de doses de sperme utilisées. L'augmentation de la fréquence des suivis peut être décidée en fonction de l'évolution des notes de SEE et cervicales, par exemple si l'augmentation des notes cervicales commence, les suivis rapprochés sont conseillés.

### ***g) Acquisition et notation des images échographiques***

Nous avons séparé le temps de prise des images et le temps de lecture, ainsi nous avons enregistré les images et nous les avons visionnées sur ordinateur pour les échographes ALOKA ET EXAGO, or ceci était impossible pour l'échographe MERLIN pour lequel nous avons dû réaliser une courte séquence de film de l'échographie de l'utérus. Nous avons pu remarquer que la lecture de l'échographie de l'utérus sur film est plus facile et plus complète que la lecture sur images arrêtées. En effet nous pouvions établir le score d'œdème utérin à partir d'une vue d'ensemble des cornes et du corps de l'utérus plutôt qu'à partir de trois images, une du corps et une de chaque corne. Et ceci est d'autant plus vrai que nous avons remarqué que l'œdème peut être localisé à une partie d'une corne ou du corps. En ce qui concerne le score cervical, son établissement sur les courtes séquences de film permettait une localisation du col plus certaine et plus précise, en effet sur certaines images arrêtées, il subsiste quelque fois un doute sur le fait que l'image observée soit bien le col. Le plus simple aurait été d'effectuer directement lors des examens l'évaluation des notes de SEE et cervicales. Cependant nous avons choisi de séparer la capture d'images de l'interprétation pour avoir une meilleure vue d'ensemble de chaque suivi au moment de l'interprétation, pour pouvoir comparer les images entre-elles afin d'attribuer au mieux la note et pour que les notes soient attribuées par un seul expérimentateur.

L'établissement de ces scores a été fait le plus objectivement possible, en essayant de ne pas se laisser influencer par les scores des jours précédents et par la date de l'ovulation. Les vétérinaires sur le terrain connaissent les résultats du dernier suivi et doivent malgré tout juger de l'évolution ou non de l'œdème utérin et cervical. Ainsi notre mode d'établissement des scores se rapproche de celui du vétérinaire praticien. Une étude en double aveugle avec établissement des scores sans connaître la jument ni la date de suivi pourrait être intéressante afin de comparer les notes attribuées.

Il reste cependant plus facile d'attribuer les notes de SEE en temps réel et c'est évidemment ce qui est réalisé sur le terrain après avoir bien échographié l'ensemble de l'utérus. Ces notes doivent être répertoriées dans un tableau récapitulatif pour chaque jument. Pour les notes cervicales, la maîtrise des critères de notation est indispensable pour l'attribution des notes au moment de l'examen.

Le système de notation de l'échotexture du col décrit dans l'étude antérieure s'est révélé assez complexe à utiliser au cours de l'interprétation des images de notre expérience. En effet comme l'avait fait remarquer les auteurs, l'évaluation de l'état physiologique du col par images échographiques nécessite un opérateur familiarisé avec l'échographie et avec l'apparence normale du col de l'utérus de la jument, or avant cette étude les deux opérateurs n'avaient jamais échographié de col. De plus nous n'avons pas mesuré le diamètre du col mais nous sommes seulement basés sur l'échogénicité du col. En outre la localisation du col sur images arrêtées était compliquée à déterminer, en effet les films obtenus avec l'échographe MERLIN ont été plus facilement interprétables. C'est ainsi que l'attribution des notes cervicales étaient plus complexe que celle de l'utérus et nous avons passé ces difficultés en élaborant un système de notation simplifié fortement inspiré de l'étude antérieure.

### ***h) Analyse statistique***

Le modèle de régression logistique à effets mixtes semble être le test statistique de choix afin de comparer la reproductibilité des résultats (notes attribuées et facteurs d'interprétation de l'évolution des deux systèmes de notation) entre les échographes.

L'évolution des systèmes de notation au cours du temps n'a pas pu être analysée grâce à un modèle statistique car aucun modèle n'a pu être appliqué au système de notation à 5 valeurs pour l'utérus et à 6 valeurs pour le col. Ainsi l'évolution des notes au cours de l'oestrus a été étudiée de façon descriptive.

## **2. Ecart au protocole**

### ***a) Les échographes utilisés***

Nous devons comparer les résultats apportés par trois échographes, or l'absence les 6 premiers jours de notre expérimentation et 7 jours du 27 juin au 4 juillet de l'échographe EXAGO a empêché le suivi de l'évolution des scores pour 8 cycles. Les résultats de l'EXAGO ont pu être utilisés pour comparer les SEE et SC établis à chaque suivi entre les trois échographes mais n'ont pas pu être utilisés pour conclure sur le rôle des scores dans la prédiction de l'ovulation. De plus l'échographe MERLIN n'a pas pu être utilisé sporadiquement au cours de notre expérimentation car appartenant à la clinique équine d'Oniris, nous devons le laisser si besoin.

### **b) Nombre de cycles suivis**

Le nombre de cycles suivis devait être de 38. La lacération rectale de Thalie et la gestation puis l'arrêt de gestation de Karlène n'ont pas permis le suivi de leur deux cycles. De plus nous avons manqué le premier cycle de deux juments et la poursuite de travaux pratiques au mois de juin a perturbé notre étude. Ainsi le nombre de cycles véritablement interprétables étaient de 17.

### **c) Utilisation de principes actifs**

Nous ne voulions pas intervenir chimiquement sur le déroulement des cycles des juments, notamment les cycles ont été suivis sans déclencher l'ovulation.. D'autres anomalies présentées par les juments ont nécessité l'emploi de principes actifs. De l'ocytocine par voie intra-veineuse a été utilisée pour 4 des 17 cycles interprétés afin de stimuler l'évacuation des liquides accumulés dans l'utérus. Pour Mystie et Numidia, le traitement à base d'ocytocine n'a pas perturbé notre étude car les injections ont été réalisées le jour de l'ovulation ou après. Or pour Nana et Rumba, de l'ocytocine a été administrée deux jours avant l'ovulation ce qui a pu modifier l'évolution de l'œdème utérin et du col.

**Tableau XII : Traitements reçus par les juments et leur causes (en gris les 17 cycles interprétés)**

Nom des juments	Traitements cycle 1	Causes	Traitements cycle 2	Causes
Karlène du Randou				
Lady du Breil				
Mystie du Landier	Ocytocine : une injection (0j)	Accumulation de liquide post-insémination	PGF2α : SID pendant 3 jours	Pour déclencher l'arrêt précoce de gestation
Nana des Chenes	Ocytocine : BID à j-2	Accumulation de liquide post-insémination		
Numidia	Ocytocine : SID pendant 2 jours (0,+1j)	Accumulation de liquide post-insémination	PGF2α : une injection Ocytocine : une injection 6 jours après la PGF2α	Pour déclencher l'arrêt précoce de gestation
Olive de Boisbelle	PGF2α : une injection	Pour lyse du corps jaune persistant		
Quandora Bleue			PGF2α : une injection	Pour déclencher l'arrêt précoce de gestation
Realidad			PGF2α : une injection Ocytocine : une injection 4 jours après la PGF2α	Pour déclencher l'arrêt précoce de gestation
Regence de Silly			PGF2α : une injection	Pour déclencher l'arrêt précoce de gestation
Reinette	(ocytocine pdt l'interœstrus précédent)			
Reyve des Etiers				
Rosaria des Trines				
Rumba du Loisir	Ocytocine : SID pendant 3 jours (-2,-1,0j)	Accumulation persistente de liquide post-insémination	PGF2α : une injection (-6j)	
Salva De Quelaines				
Sakoura				
Samarie				
Thalie Vaigeoise	Hospitalisation à cause de coliques			
Under the Moon				
Upela de Cheffes				

#### ***d) Les inséminations réalisées et les accumulations liquidiennes après insémination***

Au cours de notre expérimentation, 9 juments ont été inséminées. Nous ne pensions pas être gênés par ces inséminations, sachant qu'en pratique le suivi échographique est réalisé en même temps que des inséminations. Cependant nous avons remarqué la présence de liquide intra-luminal après insémination chez 8 des 9 juments, la présence de liquide faisait directement passer le SEE à 5. Nous avons ainsi considéré comme non représentatif ces notes de SEE de 5 car elles sont iatrogènes et non pathologiques et ceci seulement si la présence de liquide dans l'utérus dure moins de 24 à 48h (Brinsko et al, 2011) voir 72h (Pycock, 1996).

Le suivi des juments qui ont été inséminées, nous a permis de voir l'effet des inséminations sur l'évolution des notes de SEE. L'accumulation de liquide dans l'utérus post-insémination est fréquente, 8 cas sur 9 soit 89% de cycles dans notre échantillon et selon Zent et al (1998) 15,6% de cycles (746 cycles suivis au total). Zent et al (1998) ont montré que l'accumulation de liquide en post-insémination n'est pas corrélée à la diminution du taux de gestation si cette accumulation est ponctuelle (moins de 48h) et peu marquée (épaisseur du liquide à l'échographie inférieure à 2cm). Les endométrites post-insémination non persistantes observées dans notre étude étaient caractérisées par une accumulation de petite quantité de liquide intra-luminal pendant moins de 48h. Nous avons observé que cette accumulation de liquide modifie le SEE de l'utérus et biaise l'interprétation de son évolution. Nous avons réussi à tirer des conclusions de ces valeurs en observant que l'insémination semble retarder le retour à une valeur de SEE de 0 en fin d'oestrus, mais il nous faudrait beaucoup plus de juments inséminées pour réellement conclure.

Le choix d'exclure ces notes de SEE de 5 est discutable, en effet atteindre une note de SEE de 5 indique que le maximum est atteint, or s'il est atteint après une insémination, il est probablement dû à l'insémination mais cette note de 5 peut aussi être atteinte physiologiquement chez certaines juments. Dans notre étude, Salva a présenté une accumulation faible de liquide en dehors de toute insémination qui a duré moins de 12h et qui correspond à sa note maximale de SEE.

Ainsi il semble plus compliqué de prédire l'ovulation en suivant l'évolution des notes de SEE chez des juments qui sont inséminées et il serait souhaitable de ne pas inséminer trop tôt les juments pour lesquelles le suivi de l'échotexture de l'utérus est utile ou souhaité.

#### ***e) Autres biais sur les cycles***

(1) Les accumulations de liquide anormalement abondantes en l'absence d'insémination

L'accumulation de liquide intraluminal en l'absence d'insémination est plus rare qu'après insémination, 2 cas sur 38 (5,2%) dans notre étude et 23 cas sur 208 (11%) dans une étude de Pycock (1996). Dans son étude, le liquide était non échogène, en une ou plusieurs poches et souvent localisé à la base des cornes, à la bifurcation des cornes, ou proche du col. Il a aussi montré que cette accumulation de liquide intraluminal avait des répercussions négatives marquées sur le taux de gestation de ces juments, faisant chuter le taux de gestation de 67% à 27% dans le cas d'épaisseur de fluide intraluminal inférieure à 2 cm et jusqu'à 13% dans le cas d'épaisseur de liquide intraluminal



supérieure à 2cm. Cette accumulation de liquide intra-luminal peut être due soit à un excès d'œdème utérin soit à un défaut de drainage lymphatique.

Dans notre cas, les deux juments ont présenté une accumulation de liquide anéchogène et en petite quantité pendant une durée très courte pour une des juments et pendant plusieurs jours pour l'autre jument. L'apparition de liquide au cours de l'oestrus modifie certainement l'interprétation de l'évolution des notes de SEE et rend plus difficile la prédiction de l'ovulation chez ces juments. Ce défaut de drainage des sécrétions endométriales de l'oestrus signe une prédisposition de ces juments à une mauvaise élimination de l'inflammation physiologique post-insémination ou saillie et donc une prédisposition à une endométrite persistante post-insémination ou saillie. Le suivi de l'échotexture de l'utérus permet alors le dépistage de ces juments prédisposées afin de faire une gestion adaptée avec limitation du nombre d'insémination, une mise en place d'un traitement visant à aider la vidange de l'utérus après insémination ou saillie.

## (2) L'absence d'ovulation

Sur les cinq cycles sans ovulation, pour un des cycles le suivi n'a pas été fait au moment opportun et pour un autre cela a fait suite à un arrêt induit de gestation. En regardant l'évolution de l'œdème utérin des trois autres juments qui n'ont pas ovulé, nous pouvons remarquer que les notes de SEE sont restées inférieures ou égales à 2 et étaient plus souvent autour de 0 ou 1 malgré la présence de follicules de diamètre supérieur à 40 mm. Nous avons suivi par échographie ces juments pendant 15 à 20 jours en attendant l'ovulation, étant donné que le follicule avait une taille prédisant une ovulation imminente. Ces juments sont le bon exemple du fait que le suivi du diamètre du follicule ne peut pas suffire à la prédiction de l'ovulation. Ces juments ont présenté une note cervicale qui a augmenté au début du suivi puis s'est stabilisée à une valeur de 1 ou 2 pendant tout le reste du suivi. Ces débuts d'augmentation des notes cervicales auraient pu laisser présager d'une ovulation, cependant les notes de SEE n'ont pas évolué concomitamment.

Ainsi ces différents écarts au protocole nous ont permis l'obtention de premiers conseils : ne pas inséminer trop tôt les juments car ceci cache l'évolution de l'œdème utérin, suivre le synchronisme entre le diamètre du follicule et l'évolution du SEE pour prédire l'ovulation, ne pas suivre uniquement un seul paramètre que ce soit le diamètre folliculaire, l'évolution des notes de SEE ou cervicales.

## **C. Confrontation des résultats avec les données bibliographiques et contribution à la prédiction de l'ovulation**

### **1. Le corps de l'utérus**

Plusieurs études anciennes ont décrit l'échotexture de l'utérus (Ginther et al en 1984, Hayes et al en 1985, Mc Kinnon et al en 1987, Plata-Madrid en 1994).

#### ***a) Des similitudes dans l'évolution de l'échotexture de l'utérus au cours de l'oestrus***

Les premières études portant sur la morphologie échographique de l'utérus au cours du cycle œstral datent de 1984 et 1985 et ont été réalisées par Ginther et al et par Hayes et al. Le but de la première

étude était de décrire l'anatomie et la pathologie de l'utérus par échographie transrectale. Trois grades ont été décrits : une morphologie échographique caractéristique du diestrus (note égale à 1), une caractéristique de l'oestrus (note égale à 3) et une intermédiaire (note égale à 2), basés sur la visibilité ou non des replis endométriaux à l'échographie. Ils avaient observé que le nombre de juments avec un grade intermédiaire et un grade d'oestrus augmentait graduellement entre les jours -7 et -3 à -2 (0 étant le jour de l'ovulation) et diminuait ensuite entre les jours -2 et +1. L'étude portait sur 16 poneys femelles échographiées tous les jours entre le milieu du diestrus jusqu'à la fin de l'oestrus.

Cette étude a été complétée par une deuxième en 1985 réalisée par HAYES et al, dont le but était de voir les effets du cycle oestral et de la saison sur les modifications de l'aspect de l'utérus en décrivant la morphologie échographique à l'aide d'un système de notation à 3 valeurs comme celui décrit dans le paragraphe précédent. Deux essais ont été réalisés. Le premier a porté sur 22 poneys femelles, les juments ont été suivies sur les deux premiers cycles de la saison et étaient échographiées tous les 3 jours jusqu'à ce qu'un follicule ait un diamètre supérieur à 20 mm, puis tous les jours jusqu'à trois jours après la seconde ovulation. Les auteurs ont alors montré qu'il n'y avait pas de différence significative de l'évolution des images échographiques entre la corne droite, la corne gauche et le corps de l'utérus. Ils ont aussi montré que le score utérin augmentait graduellement jusqu'à 3 jours avant l'ovulation puis diminuait progressivement pour atteindre le score de diestrus deux jours après l'ovulation et ceci pour les deux cycles, les valeurs ont été rassemblées dans le tableau comparatif. La différence résidait dans le score maximal atteint qui était plus bas lors du 1<sup>er</sup> cycle. La seconde expérience comparait la morphologie échographique de l'utérus sur deux périodes Mai-Juin et Septembre-Octobre. La valeur maximale a été atteinte pour toutes les juments en Mai-Juin et pour 88% des juments en Septembre-Octobre. Pour les deux saisons, le début de diminution du score après avoir atteint le maximum a eu lieu entre les jours -2 et 0 (jours de l'ovulation) et la diminution pour atteindre le score de diestrus a duré jusqu'aux jours +1 et +3. Sur 19 cycles, 14 (74%) ont vu le score commencer à diminuer avant le jour de l'ovulation, soit au moins 24h avant l'ovulation et 5 (26%) le jour de l'ovulation.

Tableau XIII : Comparaison des résultats des deux études de Ginther et al (1984, de Hayes et al (1985), (0=jour de l'ovulation)

	Ginther et al (1984)		Hayes et al (1985) EXP 1		Hayes et al (1985) EXP 2	
<b>Nombre de juments</b>	16		22		20	
<b>Races</b>	Poneys		poneys		Quarter horse et appaloosa	
<b>Echelle de score</b>	3 grades : 1 à 3		3 grades : 1 à 3		3 grades : 1 à 3	
<b>Date d'atteinte du maximum (en jours)</b>	-3 à -2		-3			
<b>Score maximal atteint</b>			Score 3/3 61% (au second cycle de l'année) 22% (au premier cycle)		Score 3/3 100% (en Mai-Juin) 80% (en Sept -Octobre)	
<b>Date de diminution du score (en jours)</b>	-2 à +1					
<b>Premier jour de diminution du score après le pic</b>			<-2j	31%	-7j	16%
					-4j	5%
					-3j	16%
			-2 à -1j	34%	-2j	16%
					-1j	21%
0j	26%	0j	26%			
+1 à +2j	9%					
<b>Retour au score de diestrus ou SEE 0</b>	+1 à +5	100%	<0j	32%	-5j	5%
					-1j	5%
			0j	32%	0j	37%
			+1j	26%	+1j	32%
			+2j	10%	+2j	21%

La comparaison de ces deux études nous permet de constater qu'il existe une certaine similitude des résultats obtenus. Pour les deux études, la valeur maximale de score est atteinte autour du troisième ou du deuxième jour avant l'ovulation, la valeur 3 (valeur maximale) est atteinte dans une grande majorité des cas, le premier jour de diminution du score, après, le pic est majoritairement avant l'ovulation et pour un quart le jour de l'ovulation. Une seule étude a observé le début de diminution après l'ovulation. Il existe plus de variations au niveau de la date de retour à un score de SEE de diestrus, les dates s'étendant de -5 à +2 jours.

Avec l'évolution de la capacité technique des échographes, la qualité des images échographiques de l'utérus a considérablement augmenté, permettant l'élaboration de système de notation plus précis.

Notamment Samper et al (2005) ont décrit le système de score à 6 grades de 0 à 5 que nous avons utilisé dans notre étude et qui permet d'affiner le suivi de l'évolution de l'échotexture de l'utérus au cours de l'oestrus.

### ***b) Les effets de la race sur l'évolution de l'échotexture de l'utérus***

Les deux études précédentes ont porté sur des poneys et des chevaux de races légères (quarter horse et appaloosa). Des auteurs ont voulu comparer l'évolution de l'œdème utérin en fonction des races de chevaux.

Plata-Madrid et al en 1994 ont décrit l'évolution de la morphologie échographique de l'utérus chez des juments de races lourdes Belges. Ils ont suivi 7 juments de traits pendant leur premier ou leur deuxième cycle après mise bas. Ils ont réalisé des échographies quotidiennes en notant l'échotexture de l'utérus grâce à 3 notes et ont remarqué que les juments de race lourde Belge atteignent le maximum de score utérin 6,6 (+/- 1,3j) jours avant l'ovulation et que le score diminue brutalement 5,5 (+/- 1,5j) jours avant l'ovulation. Ces résultats sont très différents de ceux obtenus dans les autres études. Ceci peut être expliqué par la race. En effet, Plata-madrid et al (1994) ont conclu que l'évolution de l'échotexture de l'utérus lors de l'oestrus est différente chez les juments de races lourdes, l'œdème arrive plus tôt et diminue plusieurs jours avant l'oestrus. Ces différences sont discutables car le nombre de juments suivies est assez faible et car le post-partum modifie l'évolution de l'échotexture. En effet, Juan C. Samper a remarqué dans l'étude rétrospective sur sa clientèle en 1997 que le suivi de l'échotexture des juments jusqu'à 20 jours post-partum était d'intérêt limité. Il faudrait réaliser une étude sur les chevaux de races lourdes avec un nombre plus grand de juments.

En 1995, Pycock a étudié l'évolution de l'échotexture de l'utérus au cours de l'oestrus chez 5 juments Warmblood (race de cheval de sport). Les résultats concernant cette race sont similaires aux résultats trouvés chez les poneys et chez les quarter horse et appaloosa, l'œdème apparaît 7 jours avant l'ovulation et le pic est atteint un à deux jours avant l'ovulation. Une des différences observées est la persistance dans un nombre plus important de cas de l'œdème la veille et le jour de l'ovulation. La diminution de l'œdème paraît donc plus lente chez les Warmblood que dans les autres races. L'auteur pensait obtenir des résultats intermédiaires entre ceux de Plata-Madrid et al, étudiant les chevaux de race lourde et ceux de Hayes et al étudiant les chevaux de race légère. Cette différence peut être attribuée à la race mais peut être aussi à l'utilisation d'une sonde de fréquence de 7,5 mHz, de meilleure résolution. Nous pouvons toutefois noter que la valeur maximale est atteinte un peu plus tardivement au cours de l'oestrus que chez les poneys (1 à 2 jours avant l'ovulation contre 3 jours pour les poneys).

Notre étude portait sur 20 juments, dont 17 de race trotteur français. Le trotteur français est un cheval de course. Nos résultats se situent entre ceux obtenus chez les poneys, les Quarter horse et Appaloosa et ceux obtenus chez les Warmblood avec un pic 2 jours avant l'ovulation mais un retour au SEE 0 assez rapide. Il aurait été intéressant de faire la même étude sur les chevaux de course de race pur sang, seulement chez eux l'insémination artificielle est interdite, ainsi les suivis échographiques de l'appareil génital sont plus rares.

L'effet de race n'est pas significativement marqué, sauf pour l'instant pour les races lourdes.

### ***c) Une prédiction de l'ovulation possible mais encore non caractérisée à ce jour***

Les études de Ginther et al (1984) et Hayes et al (1985) ont permis la mise en évidence d'une variation de l'échotexture au cours de l'oestrus et ont prouvé son importance dans le suivi de la reproduction.

Samper lui a rassemblé en 1997 les données de 3 de ses années d'activités, comprenant le suivi échographique de 452 juments afin de partager ses remarques et ses essais. Il considère le suivi de l'échotexture de l'utérus avec utilisation du système de notation à 6 grades de 0 à 5 comme la méthode la plus fiable de prédiction de l'ovulation, il la compare surtout à la méthode très répandue de prédiction de l'ovulation par le suivi du diamètre du follicule dominant. Il indique que le suivi échographique de l'œdème utérin lui permet aussi de mieux savoir quand il doit induire l'ovulation. Dans sa clientèle, il induit l'ovulation avec de l'hCG lorsque la valeur maximale est atteinte, ainsi il obtient dans 98% des cas une ovulation dans les 48h. Cependant nous avons remarqué qu'il est difficile de savoir quand la valeur maximale est atteinte.

Les différentes études décrites précédemment étudient l'évolution de l'échotexture de l'utérus mais ne s'attachent pas à la recherche de critères précis de prédiction de l'ovulation. En effet les écarts types des différents critères sont souvent assez importants.

Ainsi en appuyant d'avantage les résultats observés dans les premiers travaux sur l'évolution de l'œdème utérin et en étudiant la répartition des critères d'interprétation de l'évolution du SEE, nous avons réussi à élaborer des critères permettant de prédire l'ovulation.

## **2. Le col de l'utérus**

### ***a) Des résultats encourageants dans la bibliographie***

Seulement deux études ont tenté de caractériser les paramètres échographiques cervicaux chez la jument, ceci pendant le cycle oestral (Day et al en 1995) et au cours de la gestation (Bucca et al en 2011).

Les premiers à avoir travaillé sur l'examen échographique du col, Day et al (1995), ont souhaité trouver une méthode d'examen du col de l'utérus présentant moins de risques septiques que celles employées jusqu'alors (examen au speculum ou palpation intravaginale). Ils ont suivi par échographies et palpation transrectale 14 juments de races légères, toutes les 48h jusqu'à ce que le follicule atteigne un diamètre de 35 mm, puis toutes les 24h jusqu'à l'ovulation et toutes les 48h en post-ovulation pendant 12 jours. Ils ont alors élaboré une grille de notation des images échographiques du col d'une part et d'autre part une grille de l'évaluation du tonus cervical par palpation transrectale. Les deux grilles de notation sont présentées en parallèle dans le tableau suivant :

**Tableau XIV : Présentation des deux grilles de notation décrivant l'aspect échographique du col et l'évaluation de la tonicité du col par palpation transrectale en fonction d'une note cervicale attribuée**

Note	Aspect échographique du col	Evaluation de la tonicité du col de l'utérus par palpation transrectale
1	Echo-texture uniforme entre la musculéuse et la muqueuse cervicale Présence d'une ligne échogène centrale floue(=lumière du col) Diamètre canal cervical < 1cm Diamètre total 2,25 à 2 ,5 cm Augmentation de l'échogénicité de la musculéuse proche de la séreuse (loin de la lumière)	Col <b>ferme et clos</b> dans 100% des SC 1
2	musculéuse plus échogène et limite muqueuse-musculéuse visible Segments échogènes centraux (=lumière du col) Ligne échogène centrale évidente Diamètre du canal cervical = 1cm Diamètre total = 3cm	Col <b>ferme et clos</b> dans 97% des SC 2
3	Ligne échogène centrale bien marquée Ou Segments échogènes plus courts et moins fréquents Asymétrie: diminution de l'échogénicité du canal en région porteo prevaginalis (antérieur au fornix), avec un angle hypo échogène relevé en caudal Bords musculo muqueux moins distincts en partie <b>porteo prevaginalis</b>	Col ferme mais légèrement ouvert dans 42% des SC 3 Col légèrement fermé dans 29 % des SC 3 Col fermé dans 19% des SC 3
4	Bande large centrale hypoéchogène Amincissement de la musculéuse vers la séreuse muqueuse et la partie interne des muscles sont hypoéchogènes <b>sur tout le col</b> Une ligne distinguant la muqueuse de la musculéuse interne peut apparaître (svt 2 à 4J avant ovulation) Diamètre total =3,6cm	Col <b>ouvert</b> dans 54% des SC 4 Col <b>légèrement fermé</b> dans 29% des SC 4
5	Toute la musculéuse est hypoéchogène La musculéuse peut former une ligne échogène comme au grade 4 Diamètre total 4,3 cm	Col <b>ouvert</b> dans 83% des cas de SC 5

Ainsi cette première étude avait montré une corrélation marquée entre les images échographiques interprétées grâce à ce score cervical et la tonicité du col. Les scores cervicaux 4 et 5 sont souvent corrélés à un col ouvert alors que les scores cervicaux 1 et 2 sont fortement corrélés à un col fermé.

Les auteurs ont conclu qu'un score de 3 est associé avec la transition diestrus/ oestrus. D'autres observations ont été faites, notamment que la valeur maximale du col est toujours atteinte avant l'ovulation et que l'œdème cervical persiste quelques jours après l'ovulation. Les changements principaux dans le score cervical ont été observés 7 à 5 jours avant ovulation.

Cette étude a montré que l'échographie du col paraissait donc être un autre moyen d'évaluation du relâchement cervical cours de l'oestrus.

### ***b) Des résultats assez différents de notre étude***

Les changements majeurs au niveau du col dans notre étude ont été observés entre les jours -5 et -0,5 avant l'ovulation, alors que Day et al (1995) ont noté une modification plus importante des scores des jours -7 à -5. De plus ils ont décrit que le score 3 était associé avec la transition diestrus/ oestrus, or dans notre étude le score 3 n'apparaît pas avant le jour -5, l'oestrus ayant déjà commencé. De plus la diminution de la note cervicale commence le jour de l'ovulation ou après pour Day et al (1995) alors qu'il commence les jours précédents l'ovulation ou le jour de l'ovulation dans notre étude. En ce qui concerne la valeur maximale, Day et al (1995) notent juste que celle-ci est atteinte avant l'ovulation, c'est aussi ce que nous avons montré et nous avons aussi montré que la valeur maximale apparaissait toujours 24h avant l'ovulation. Ce critère paraît donc intéressant, cependant son utilisation dans la prédiction de l'ovulation n'est pas possible car la valeur maximale n'est évaluable qu'à posteriori. Nous avons montré que c'est la date de l'observation de la première note cervicale de 3 qui est utile pour la prédiction de l'ovulation, critère non évalué dans cette étude.

Tableau XV : Comparaison des résultats des deux études de Ginther et al, de Hayes et al et de notre étude

	<b>Day et al (1995)</b>		<b>Notre étude (2014)</b>		
<b>Nombre de juments</b>	14		20		
<b>Races</b>	Races légères		Trotteur français principalement		
<b>Echelle de score</b>	5 grades : 1 à 5		5 grades : 1 à 5		
<b>Jour de l'atteinte du maximum</b>	Toujours avant l'ovulation		-2,8j	-2,5j	
<b>Score maximal atteint</b>	42% de grade 5 21% de grade 4,5 28% de grade 4		23% grade 5 46% grade 4 31% grade 3	8% grade 5 75% grade 4 17% grade 3	
<b>Premier jour de diminution du score après le pic</b>	0j	4			
			-3j	2	1
	+1j	4	-2j	1	2
			-1j	4	2
	+2j	4	0j	2	3
	+4j	2			

Nos deux études s'accordent à dire que la note cervicale augmente au cours de l'oestrus pour atteindre une valeur maximale avant l'ovulation puis diminue, cependant plusieurs différences existent. Ceci peut être expliqué par le fait que 20 années séparent notre étude de celle de Day et al et que les capacités techniques des échographes se sont nettement améliorées.

### ***c) Des résultats plus difficilement applicables par tous sur le terrain***

Day et al (1995) ont conclu qu'il fallait un opérateur très familiarisé avec l'apparence et les caractéristiques échographiques du col utérin pour pouvoir interpréter les images obtenues et établir les scores cervicaux. Nous pouvons appuyer les observations de Day et al en disant que l'attribution des notes a été difficile au départ, des réévaluations des notes après interprétation de nombreuses images ont été nécessaires. En effet, la facilité à choisir la valeur du score est venue après plusieurs lectures des images ou des films d'échographies de col. Ainsi à la première lecture, des scores cervicaux ont été établis pour les examens où nous étions convaincus du bon choix de la note cervicale. Puis nous sommes revenus sur les examens posant problème, certains examens sont restés pourtant sans score au vu de l'incertitude du SC choisi. La première incertitude résidait dans la localisation du col par rapport au reste du corps de l'utérus, car en oestrus la distinction corps et col de l'utérus est moins nette qu'en diestrus. La seconde était l'évaluation des nuances de gris pour distinguer les scores 3 et 4. Une autre difficulté dans le choix des notes cervicales était la variation entre les différents échographes et la nécessité d'adapter le système de notation à l'échographe.

Pour conclure, en ce qui concerne le suivi échographique de l'œdème utérin nos travaux corroborent les premières études et les complètent en décrivant des facteurs de prédiction de l'ovulation. Concernant le suivi de l'aspect échographique du col, les différences à l'unique étude sur les images échographiques du col utérin sont assez marquées mais peuvent être en partie expliquées ainsi il serait utile de poursuivre l'étude de l'aspect échographique du col avec des échographes récents pour confirmer nos résultats.

## **D. Perspectives**

### **1. Les facteurs de variations des notes de SEE au cours de l'oestrus**

Plusieurs facteurs comme les inséminations ou l'utilisation de principes actifs ont entraîné dans notre étude une modification de l'œdème utérin physiologique. Ces facteurs sont très fréquents dans la pratique du suivi de reproduction des juments. Les inséminations sont réalisées toutes les 24h avec des doses de sperme congelé et toutes les 48h avec du sperme frais à partir d'une date choisie par l'inséminateur jusqu'au constat de l'ovulation. Les inséminations réalisées lors de notre essai au cours des travaux pratiques des étudiants ont entraîné une endométrite post-insémination physiologique modifiant nettement les valeurs de SEE. Cependant au cours du suivi échographique de l'utérus, l'expérimentateur doit pouvoir interpréter l'évolution des scores même en présence d'accumulation de liquide intra-luminal post-insémination. Deux approches sont alors possibles, utiliser les conseils de suivi d'évolution des notes de SEE et cervicales et inséminer les juments au plus près de l'ovulation ou bien réaliser une nouvelle étude pour évaluer l'impact réel des inséminations sur l'évolution des scores du corps et du col de l'utérus. Par ailleurs les principes actifs sont aussi susceptibles de modifier l'œdème utérin. Ils sont utilisés dans deux situations principales,



déclencher l'ovulation et vider l'utérus s'il y a accumulation de liquide intra-luminal. Brag Weber et al (2002) ont étudié l'influence de l'utilisation de prostaglandines et d'hCG pour déclencher l'ovulation sur l'évolution de l'échotexture de l'utérus. Pour évaluer l'échotexture de l'utérus ils ont utilisé un logiciel réalisant la moyenne des tons de gris observés sur les coupes de cornes et de corps d'utérus (échelle de tons allant de 0 pour le noir jusqu'à 255 pour le blanc) avec ou sans traitement. Ils ont conclu qu'il n'y avait pas de modifications significatives avec un traitement à base de prostaglandines (une injection de 5mg par la voie sous-cutanée (SC) 6 jours après ovulation) alors qu'il y avait une évolution de l'œdème plus rapide (maximum et diminution plus rapidement) avec traitement à l'hCG (prostaglandines 5mg SC 6 jours après ovulation puis une injection d'hCG 2000 UI quand le follicule dominant a un diamètre supérieur à 35 mm ou quand l'utérus a un grade II).

## **2. Beaucoup de choses à faire sur le col**

Les études portant sur le suivi par échographie du col de l'utérus sont peu nombreuses. Plusieurs auteurs avaient observé que le col est bien visible en diestrus et devient moins distinguable en oestrus mais peu se sont penchés réellement sur le sujet. Day et al (1995) ont écrit une étude assez exhaustive sur l'échotexture du col au cours de l'oestrus chez la jument et Bucca et al (2011) ont décrit cette échotexture chez les juments aux différents stades de gestation. Ces deux études présentent des résultats très intéressants, résultats un peu différents de ceux de notre étude. Cependant malgré notre difficulté à attribuer les notes cervicales au début de l'expérience, notre étude a montré que la reproductibilité des notes cervicales et des facteurs d'interprétation de l'évolution des ces notes était intéressante. Une nouvelle étude permettant de confirmer nos observations sur un nombre de juments plus importantes et en double aveugle serait intéressante.

## Conclusion

Le suivi des images échographiques de l'utérus au cours de l'oestrus et l'établissement d'un score reflétant l'œdème utérin ont permis d'appuyer la corrélation entre l'évolution de l'œdème au cours de l'oestrus et la prédiction de l'ovulation. En effet, il avait été constaté dans un nombre restreint d'études que l'œdème utérin augmentait au cours de l'oestrus puis diminuait avant l'ovulation. Notre étude a tenté une datation précise de l'évolution de l'œdème utérin. Nous avons pu établir des critères à partir de l'évolution des notes de SEE (score of endometrial edema) permettant de prédire l'ovulation. Ces critères sont l'observation de la première note de SEE supérieure ou égale à 3 et le début de diminution des notes de SEE au cours de l'oestrus. L'absence de l'observation de ces critères est intéressante, prédisant la non-ovulation avant une date donnée. Ainsi l'absence d'observation d'une note supérieure ou égale à 3 au cours de l'oestrus indique que l'ovulation ne va pas avoir lieu avant 24h et probablement pas avant 48 ou 72h. L'absence de début de diminution des notes de SEE après avoir atteint au moins une valeur de 3 indique que l'ovulation ne va pas avoir lieu avant 12h et probablement pas avant 24h. A partir de là, des critères d'aide à la décision d'insémination ont été établis, principalement ne pas inséminer une jument si la note de SEE n'a pas encore atteint la valeur 3.

L'établissement du score reflétant l'évolution échographique du col utérin au cours de l'oestrus révèle des résultats plus mitigés. L'étude a été interprétée de la même façon que pour le score utérin avec l'obtention de critères de prédiction de l'ovulation ou plutôt de l'absence d'ovulation similaires. La première note cervicale supérieure ou égale à 3 prédit une ovulation dans plus de 48h et souvent dans au moins 72h. Le début de diminution des notes cervicales après avoir atteint une valeur supérieure ou égale à 3 est toujours atteint avant l'ovulation cependant son apparition est assez homogène sur les 4 jours précédents l'oestrus rendant difficile l'utilisation de ce facteur pour la prédiction de l'ovulation. Les résultats de notre étude paraissent assez différents de ceux de l'unique étude antérieure, ce qui peut être expliqué par l'évolution des capacités techniques des échographes entre ces études.

Ainsi nous pouvons conclure que l'établissement du score d'œdème utérin et le suivi des critères d'interprétation de son évolution ont une importance majeure dans la prédiction de la survenue imminente d'une ovulation. L'intérêt du suivi du score cervical lui semble plus limité, les résultats de notre étude indiquent que l'évolution de la note cervicale est cohérente avec celle de la note de SEE et pourrait être un facteur supplémentaire de prédiction de l'ovulation, cependant le fait que les résultats soient si différents de ceux publiés antérieurement montre que des études supplémentaires sont nécessaires. En outre, nous pouvons nous demander voyant la complexité de l'échographie du col et l'évaluation d'un seul critère prédisant l'ovulation si la palpation transrectale ne reste pas le moyen le plus fiable pour étudier le col au cours de l'oestrus.

L'utilisation dans notre étude de 3 échographes, a permis l'étude de la reproductibilité de ces résultats entre les échographes. Ainsi l'application des résultats fournis par le suivi des notes de SEE et cervicales à l'ensemble des échographes utilisés en clientèle par les vétérinaires est possible. Cependant il faut rappeler que l'attribution des notes cervicales est compliquée pour un expérimentateur novice et son utilisation sur le terrain nécessite un temps d'apprentissage non négligeable.

Notre étude a permis la détermination de critères de prédiction de l'ovulation basés sur l'interprétation des images échographiques d'utérus et l'établissement de conseils pour inséminer les juments au plus proche de l'ovulation et diminuer le nombre d'inséminations nécessaires. Le rassemblement des critères cliniques et échographiques prédictifs de l'ovulation de l'utérus, des ovaires et du col utérin devraient permettre une prédiction très fine de l'ovulation.

## Bibliographie

- (1) Barrier-Battut I, 2008, Comment choisir le moment de l'insémination chez la jument. *Le nouveau praticien vétérinaire (équine)* ; 5, 15-18
- (2) Bragg Weber N, Pierson R, Card C, 2002, Relationship between estradiol 17- $\beta$  and endometrial echotexture during natural and hormonally manipulated estrus in mares, *Proceedings of the 48th annual Convention of the AEEP*; 41-47
- (3) Brinsko S.P, Blanchard T.L, Varner D.D, Schumacher J, Love C.C, Hinrichs K, Hartman D, 2011, *Manual of equine reproduction*, Mosby Elsevier, third edition – Maryland Heights, 326 p
- (4) Bucca S, Fogarty U, 2011, Ultrasonographic cervical parameters throughout gestation in the mare, In *Proceedings of the 57th annual Convention of the AEEP, San Antonio*; 235-241
- (5) Budraus K.D, Sachk W.O, ROCK S, 2009, *Anatomy of the Horse*, Schlütersche, fifth revised edition - Hannover, 199 p
- (6) Day W.E, Evans J.W, Vogelsang M.M, Westhusin M.E, 1995, Characterization of the cervix in cycling mares using ultrasound, *Biology of Reproduction Monograph*, 519-526
- (7) Ginther O.J, Pierson R.A, 1984, Ultrasonic anatomy and pathology of the equine uterus, *Theriogenology*; 21: 505-516
- (8) Hayes K.E.N, Pierson R.A, Scraba S.T, Ginther O.J., 1985, Effects of oestrus cycle and season on ultrasonic uterine anatomy in mares, *THERIOGENOLOGY*; 24: 465-477
- (9) Pinheiro J.C, Bates M.D, 2000, *Mixed-Effects Models in S and Splus*. Springer –Verlag New York Inc.
- (10) Plata-Madrid H, Youngquist R.S, Murphy C.N, Bennnett-Wimbush K, Braun W.F, Loch W.E, 1994, Ultrasonographic characteristics of the follicular and uterine dynamics in Belgian mares, *Journal of Equine Veterinary Science*; 14: 421-423
- (11) Pycock J.F, Dieleman S, Drifjhout P, 1995, Correlation of plasma concentrations of progesterone and oestradiol with ultrasound characteristics of the uterus and duration of oestrus behavior in the cycling mare, *Reproduction in Domestic Animals*, 30, 224-227
- (12) Pycock J.F, 1996, The relationship between intraluminal uterine fluid, endometritis and pregnancy rate in the mare, In *Equine Practice*; 19-22
- (13) Pycock J.F, 2005, Therapy for Mares With Uterine Fluid, In *Current Therapy in EQUINE REPRODUCTION*, 92-95
- (14) R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
- (15) Samper J.C, 1997, Ultrasonographic appearance and the pattern of uterine edema of time ovulation in mares, In *Proceedings of the 43th annual Convention of the AEEP, Phoenix*; 189-191
- (16) Samper J.C, Pycock J.F, McKinnon A.O, 2005, The Normal Uterus In Estrus, In *Current therapy in EQUINE REPRODUCTION, Saunders Elsevier, St Louis*; 32-35
- (17) Squires E.L, McKinnon A.O, Shideler R.K, 1988, Use of ultrasonography in reproductive management of mares, *Theriogenology*; 29:55-70
- (18) Tertu K, 2012, The equine cervix, *Pferdeheilkunde*, 28 ; 35-38

(19) Zent W.W, Troedsson M., Xue J.L, 1998, Postbreeding uterine fluid accumulation in a normal population of thoroughbred mares: a field study, In Proceedings of the 44th Annual Convention of the AAEP, Albuquerque, 64-65

## Liste des Abréviations

SF : selle français

TF : trotteur français

SEE : score endometrial edema

EPI : endométrite post-insémination

EPPI : endométrite persistante post-insémination

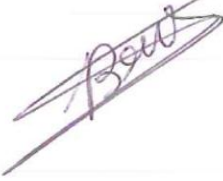


Vu : **Le Professeur Rapporteur**

De l'Ecole Nationale Vétérinaire,  
Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes  
Atlantique ONIRIS

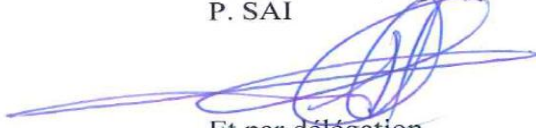
Professeur

**Dr. J.F. BRUYAS Vétérinaire**  
**Professeur agrégé**



Vu : **Le Directeur Général**

De l'Ecole Nationale Vétérinaire,  
Agroalimentaire et de l'Alimentation  
Nantes Atlantique ONIRIS  
P. SAI

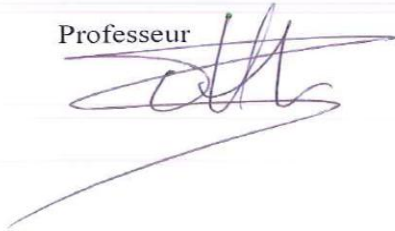


Et par délégation  
ONIRIS  
**Pr Hervé POULIQUEN**  
Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire  
et de l'Alimentation Nantes Atlantique  
**Directeur du Service des Formations Vétérinaires**

Nantes, le 19.06.2014

Vu : **Le Président de la Thèse**

Professeur



Vu : **Le Doyen de la Faculté de  
Médecine de Nantes**

Professeur Pascale JOLLIET

**Vu et permis d'imprimer**

NOM : **GUIHARD**

Prénom : **Chloé**







# SUIVI DES IMAGES ECHOGRAPHIQUES DE L'UTERUS ET DU COL AU COURS DE L'OESTRUS CHEZ LA JUMENT : RECHERCHE DE CRITERES DE PREDICTION DE L'OVULATION

Follow-up ultrasound images of the uterus and cervix during estrus in the mare: search criteria for predicting ovulation

## RESUME

Le suivi des images échographiques et l'utilisation de système de notation de l'aspect échographique de l'utérus (SEE) et du col de la jument ont permis l'évaluation de critères fiables de prédiction de l'ovulation : le moment d'apparition de la première note de SEE égale à 3, le moment d'apparition de la première note cervicale égale à 3 et le moment de début de diminution de SEE au cours de l'oestrus. La comparaison des images échographiques d'utérus entre 3 échographes a permis de montrer une bonne reproductibilité dans l'évaluation de ces critères de prédiction de l'ovulation.

MOTS CLES : JUMENT, OESTRUS, OVULATION, UTERUS, ECHOGRAPHIE

## ABSTRACT

The follow-up of ultrasound images and using a scoring system of the ultrasound appearance of uterus (SEE) and cervix in the mare allowed evaluation of reliable criteria for predicting ovulation: the time of onset of the first SEE note equal to 3, the time on onset of the first cervical note equal to 3, the decrease start time of cervical note during estrus. Comparison of ultrasound images between 3 machines showed a good reproducibility of the assessment of these criteria.

KEY WORDS : MARE, ESTRUS, OVULATION, UTERUS, ULTRASOUND EXAMINATION

## JURY

Président : Monsieur le Professeur Henri-Jean Philippe

Rapporteur : Monsieur le Professeur Jean-François Bruyas

Assesseur : Madame la Maître de conférence Marion Fuselier

## ADRESSE DE L'AUTEUR

Chloé GUIHARD

41 Avenue des Régales

44500 LA BAULE

## IMPRIMEUR

Goubault imprimeur

8 rue de Thessalie

44244 La Chapelle sur Erdre