

Applications de l'échographie en reproduction bovine

2. L'utérus gestant et non-gestant

Christian HANZEN¹, Yves LAURENT¹, Samy JAKOVLJEVIC²

¹ Université de Liège, Faculté de Médecine Vétérinaire
Service d'Obstétrique et des Troubles de la Reproduction
B41 Sart Tilman, B-4000 Liège

² Purdue University
School of Veterinary Medicine
Department of Veterinary Clinical Sciences
West Lafayette, IN 47907, USA

Manuscrit déposé le 09/09/1992

PLAN GENERAL

Introduction

1. L'utérus non gestant
 - aspects physiologiques
 - aspects pathologiques
2. L'utérus gestant
 - 2.1. Evolution de l'image échographique au cours de la gestation
 - La vésicule embryonnaire
 - L'embryon
 - Evaluation de la taille de l'embryon
 - Les annexes fœtales
 - Développement des structures anatomiques de l'embryon et du fœtus
 - La détermination du sexe fœtal
 - L'étude des changements de présentation fœtale
 - 2.2. Résultats des diagnostics de gestation par échographie
 - 2.3. Echographie et prélèvement de liquides fœtaux

INTRODUCTION

Les impératifs économiques de l'élevage bovin obligent les éleveurs à optimiser le potentiel de production de leur troupeau notamment par une réduction de l'intervalle entre vêlages et l'identification précoce des animaux non gestants.

La *palpation manuelle de l'utérus* est la méthode classique de diagnostic de gestation dans l'espèce bovine. Cette méthode peu coûteuse est utilisée au plus tôt entre la 5^e et la 9^e semaine de gestation. Elle n'est pas dépourvue de risques de mortalité embryonnaire (Fosgate et Smith 1954, Hawk et al. 1955, Vaillancourt et al. 1979, Abbitt et al. 1978, Paisley et al. 1978).

Le *dosage de la progesterone* dans le sang ou le lait permet un diagnostic de gestation précoce. Cependant, il doit impérativement être réalisé 20 à 24 jours après la date de la dernière insémination. Cette méthode est meilleure pour confirmer les ani-

RESUME

L'échographie connaît une utilisation de plus en plus intensive en reproduction bovine.

Cette revue de la littérature présente les possibilités d'application de la méthode dans le cadre de l'examen de l'utérus gestant et non-gestant.

Le diagnostic de gestation constitue une des indications majeures de l'échographie. Cette méthode est à la fois précoce, puisqu'applicable en pratique dès le 30^e jour de gestation, et fiable car elle permet de dépister en moyenne 90 et 80 % des animaux gestants et non-gestants respectivement avec un degré d'exactitude de 87 %.

L'échographie est également utilisée pour l'étude du développement morphologique de la vésicule embryonnaire, de l'embryon et du fœtus. Elle offre l'avantage de pouvoir déterminer le stade de gestation par des mensurations de l'embryon ou du fœtus. Elle est également applicable à la détermination du sexe fœtal. Elle constitue aussi une méthode intéressante pour la quantification et l'étude de la pathogénie de la mortalité embryonnaire. Enfin, utilisée par voie vaginale, elle offre la possibilité de pouvoir guider le prélèvement des liquides fœtaux.

maux non-gestants que gestants parce que l'exactitude des résultats négatifs (94 à 100 %) est supérieure à celle des positifs (77 à 88 %) (Zaied et al. 1979, Foote et al. 1979, Shemesh et al. 1978, Laing et al. 1979, Pennington et al. 1985, Laitinen et al. 1985).

La mise au point récente d'un *dosage de la PAG* (Pregnancy Associated Glycoprotein) offre la possibilité d'effectuer le diagnostic de gestation dès le 35^e jour suivant l'insémination fécondante (Zoli et al. 1991).

Depuis quelques années, l'échographie bidimensionnelle est utilisée intensivement en reproduction bovine. L'application de l'échographie au diagnostic de gestation a été étudiée dans de nombreuses publications (Taverne et al. 1985, Chaffaux et al. 1986, Hanzen et Delsaux 1987, White et al. 1985, Humblot et Thibier 1984, Wilson et Zalesky 1988, Willemsse et Taverne et al. 1989, Pieterse et al. 1990). Cette technique a également été utilisée pour caractériser la morphologie de l'embryon (Curran et al. 1986a et b, Kastelic et al. 1988, Kahn 1989, Kahn 1990), déterminer l'âge (White et al. 1985, Hughes et Davies 1989) et le sexe foetal (Muller et Wittkowski 1986, Curran et al. 1989), et étudier les structures normales ou pathologiques de l'utérus (Pierson et Ginther 1984, 1987, Reeves et al. 1984, Kahn et Leidl 1989, Pieterse 1989, Sprecher et al. 1989). La première partie de cette synthèse a été consacrée à l'examen des ovaires (Hanzen et al. 1992). La présente deuxième partie sera consacrée aux applications de l'échographie à l'étude de l'utérus gestant et non-gestant.

1. L'utérus non gestant

— Aspects physiologiques

L'examen de l'utérus au moyen d'une sonde linéaire permet d'obtenir une image longitudinale des deux tiers postérieurs de la corne utérine gauche ou droite et une image transversale de leur tiers antérieur, qui est davantage spiralé.

Les caractéristiques échographiques de l'utérus changent au cours du cycle (Pierson et Ginther 1987b, Fis-

sore et al. 1986). L'épaisseur de la paroi du corps utérin augmente 3 à 4 jours avant l'ovulation, c.à.d. vers le 17^e jour du cycle, et diminue à partir du jour précédant l'ovulation jusqu'au 3^e jour du cycle suivant pour demeurer constante tout au long du dioestrus. Au cours de la période perioestrus, la paroi utérine présente une échostructure beaucoup plus hétérogène que celle mise en évidence pendant la phase dioestrus, suite à l'augmentation de la vascularisation et à l'œdème des cornes utérines. La quantité de liquides utérins et vaginaux augmente entre le 17^e et le 18^e jour du cycle. Au cours du dioestrus, l'endomètre apparaît habituellement moins échogène que le myomètre (Fissore et al. 1986). Au cours de cette phase d'imprégnation progestéronique, les cornes utérines sont davantage circonvoluées (Bartol et al. 1981), ce qui augmente le nombre de sections transversales de l'utérus qu'il est possible d'observer par échographie (Pierson et Ginther 1987b).

La différenciation échographique du myomètre et de l'endomètre est également possible lors de l'involution utérine (Okano et Tomizuka 1987). Au cours du postpartum, les cotylédons en voie d'involution peuvent être identifiés par échographie (Kahn et Leidl 1989). Leur centre est moins échogène que leur périphérie.

— Aspects pathologiques

L'endométrite est habituellement diagnostiquée échographiquement par la mise en évidence de liquides utérins avec des particules échogènes en suspension. La facilité du diagnostic dépend de la quantité de liquides présente et donc du degré de l'endométrite (Kahn et Leidl 1989). Les diagnostics doivent être confirmés par examen vaginal. En cas de *pyomètre*, de *mucomètre* ou de *hydromètre*, la quantité de liquides utérins est importante, et dans certains cas un épaississement de la paroi utérine est mis en évidence (Fissore et al. 1986). La distinction entre ces trois pathologies est basée sur l'examen bactériologique. En cas de *foetus mommifié*, on observe un épaississement très net de la paroi

utérine et la présence de structures hyperéchogènes accolées à sa face interne (Kahn et Leidl 1989). Le foetus n'est pas systématiquement visualisé (Fissore et al. 1986). La présence d'un *foetus macéré* s'accompagne habituellement d'une différence dans l'échogénicité des liquides allantoidiens et amniotiques. Alors que les premiers sont habituellement anéchogènes, les seconds contiennent des particules échogènes résultant de la décomposition foetale. Les contours du foetus ne sont pas identifiables (Kahn et Leidl 1989, Fissore et al. 1986).

2. L'utérus gestant

2.1. Evolution de l'image échographique au cours de la gestation

— La vésicule embryonnaire

La vésicule embryonnaire bovine peut être détectée avec une sonde de 7.5 MHz dès le 9^e jour suivant le jour de l'ovulation (JO) (Boyd et al. 1988) et dès le 12^e jour avec une sonde de 5 MHz. La vésicule se présente à ce moment sous la forme d'une zone anéchogène de 2 mm de hauteur et de 7 à 12 mm de longueur. Elle est sphérique dans 73 % des cas et ovale dans 27 % des cas (Curran et al. 1986a, Pierson et Ginther 1984b). Cependant, l'échographie à ce stade de la gestation ne possède pas un degré d'exactitude suffisant que pour en envisager une application routinière (Kastelic et al. 1989). En effet, une étude récente (Kastelic et al. 1991) a démontré que des zones circulaires anéchogènes peuvent être mises en évidence 10 et 14 jours après l'insémination tant chez les animaux gestants que non gestants. A ce moment, le nombre de zones anéchogènes est plus important chez les vaches gestantes (5.1) que non-gestantes (3.5). Au cours des jours suivants, le nombre de ces zones diminue dans les deux cas. Au moment de la régression lutéale, les vésicules prennent une forme plus allongée correspondant soit à l'accumulation croissante de liquides utérins lors de l'état œstral, soit à l'élongation du blastocyste lors de gestation. Ces

différentes observations échographiques confirment les descriptions anatomiques de la vésicule embryonnaire prélevée après abattage (Betteridge et al. 1980).

Alors que son diamètre demeure constant (2 à 4 mm en moyenne) entre le 12^e et le 20^e jour de gestation, la vésicule embryonnaire subit au cours de cette période une importante élongation (Pierson et Ginther 1984b) qui l'amène à occuper entièrement la corne ipsilatérale au corps jaune vers le 17^e jour suivant l'ovulation. L'entièreté de la corne contralatérale est occupée par la vésicule entre le 20^e et le 32^e jour de gestation (Curran et al. 1986a, Pierson et Ginther 1984b). Il existe une grande variabilité dans le degré d'élongation de la vésicule embryonnaire qui, au 16^e jour de gestation, peut être d'une longueur comprise entre 70 et 240 mm de longueur (Greenstein et Foley 1958). Cette élongation est nécessaire pour augmenter la surface de contact entre la vésicule embryonnaire et l'endomètre, phénomène assuré dans l'espèce équine par l'augmentation de la mobilité de la vésicule ombilicale (Ginther 1985). L'un et l'autre phénomènes sont impliqués dans le mécanisme d'inhibition de la lutéolyse. Vers le 19^e jour, un renflement de 3 mm environ d'épaisseur, situé plus ou moins à l'endroit de localisation future de l'embryon, apparaît vers le milieu de la corne ipsilatérale. Ce renflement correspond à l'allantoïde qui remplit l'entièreté du sac chorionique de la corne ipsilatérale vers le 32^e jour de gestation.

— L'embryon

L'embryon peut être détecté au plus tôt vers le 20^e jour de gestation avec une sonde de 5 MHz (Curran et al. 1986a). Il se présente à ce moment sous la forme d'une ligne plus échogène d'environ 4 mm de longueur. Cependant, sa détection ne devient cependant habituellement effective que vers le 28^e jour de gestation (Pierson et Ginther 1984b, Reeves et al. 1984, Fissore et al. 1986). Les premiers battements cardiaques peuvent être détectés aux environs du 21^e jour de gestation (Curran et al. 1986b). La fréquence cardiaque

TABLEAU 1
Précocité de la détection des structures embryonnaires et placentaires
(Génisses laitières, sonde de 5 MHz)
(Adapté d'après Curran et al. 1986)

	n examens	Moyennes (Jours)	Ecart
Embryon	15	20	19-24
Battements cardiaques	15	21	19-24
Allantoïde	9	23	22-25
Aspect en C de l'embryon	11	25	22-30
Colonne vertébrale	14	29	26-33
Ebauches des membres antérieurs	14	29	28-31
Amnios	14	30	28-33
Cavités orbitaires	14	30	29-33
Ebauches des membres postérieurs	13	31	30-33
Aspect en L de l'embryon	12	33	29-39
Placentomes	6	35	33-38
Cristallin	12	40	37-44
Onglons	10	45	42-49
Mouvements fœtaux	9	45	42-50
Côtes	7	53	51-55

est à ce moment d'environ 190 battements par minute. Entre le 25^e et le 60^e jour de gestation, celle-ci est comprise entre 150 et 170 battements par minute et entre 130 et 140 battements par minute au cours des 3 derniers mois de la gestation. Il faut cependant noter la présence de grandes variations individuelles ainsi que des variations d'un jour à l'autre. La visualisation des battements cardiaques est un signe important de détermination de la viabilité de l'embryon ou du fœtus. Entre les jours 22 et 30, l'embryon présente une contiguration en C résultant de la flexion de ses parties antérieures et postérieures. Au cours de la semaine suivante, l'allongement du cou et le redressement de la tête de l'embryon contribuent à lui donner un aspect en L (Curran et al. 1986b).

Dans les semaines qui suivent, diverses modifications de l'embryon, du fœtus et de leurs enveloppes peuvent être identifiées par échographie (Curran et al. 1986b, Kahn 1989, Kahn 1990) (Tableau 1). Il a cependant été remarqué que la possibilité de visualiser les différentes structures anatomiques de l'embryon et du fœtus va évoluer au cours de la gestation. A la différence de la région céphalique, le thorax, l'abdomen et le bassin deviennent de moins en moins accessibles à par-

tir du 4^e mois de gestation. La tête, le thorax, l'abdomen et le bassin ne peuvent être examinés indépendamment du stade de gestation que dans 87, 69, 59 et 56 % des cas respectivement.

— Evaluation de la taille de l'embryon

Au cours du deuxième et du troisième mois de la gestation, la taille de l'embryon évaluée par la longueur entre la base de la tête et la base de la queue augmente régulièrement de 1,1 à 1,4 mm par jour et de 2,5 à 3 mm par jour respectivement (Hughes et Davies 1989, Curran et al. 1986b, Pierson et Ginther 1984, Kahn 1989) (Tableau 2).

TABLEAU 2
Relation entre la longueur de l'embryon et l'âge (Hughes et Davies 1989)

AGE (Sem)	n	Moyenne (cm)	Min	Max
4	25	0.89	0.6	1.1
5	35	1.28	0.8	1.9
6	50	2.02	1.6	2.6
7	47	2.77	2.3	3.6
8	41	4.55	3.6	5.2
9	48	6.24	3.9	7.1
10	43	8.74	6.1	10.1
11	39	10.65	9.5	11.8
12	32	12.18	10.7	13.7

Plusieurs études ont été consacrées à la détermination de l'âge foetal par la mesure de ses différentes structures anatomiques (White et al. 1985, Hughes et Davies 1989, Kahn 1989). La détermination de la distance comprise entre la base de la tête et l'attache de la queue constitue une mesure classique. Cette distance est d'environ 15 mm vers le 35^e jour de gestation, 28 mm vers le 45^e jour et 48 mm au 55^e jour de gestation. Vers le 45^e jour, l'embryon présente de nombreux mouvements d'étirement et de flexion ce qui en rend la mensuration plus difficile (Curran et al. 1986b). Par ailleurs, la mesure de ce paramètre est limitée d'une part par la profondeur de pénétration de l'onde ultrasonore et d'autre part par l'impossibilité de visualiser entièrement des foetus de taille supérieure à 10 cm (Kahn et al. 1989). Aussi ce paramètre ne peut-il être évalué que jusqu'au 70^e jour de gestation. Bien qu'utilisable pendant une période limitée de la gestation, la longueur entre la base de la tête et la queue (X) présente une corrélation étroite avec l'âge foetal (Y) ($r = 0,98-0,99$) et des équations de détermination de l'âge foetal ont été proposées : ($Y = -13,2 + 0,315 X - 0,00061 X^2$) (Kahn 1989), $Y = 2,85 \times Lg \text{ (cm)} + 4,08$ (Hughes et Davies 1989). Une étude plus spécifique de la croissance foetale a montré que les corrélations les plus élevées avec l'âge foetal ont été obtenues par la mesure de la longueur du foetus, du fémur, du métacarpe, du tibia, de l'épaule, de l'ischium et du plus large diamètre de la cavité orbitaire, de la boîte crânienne, du tronc et du cordon ombilical ($r \geq 0,97$) (Kahn 1989).

— Les annexes foetales

L'amnios est identifiable seulement vers le 30- 32^e jour de gestation (Pierson et Ginther 1984b, Fissore et al. 1986) car sa détection avant le 30^e jour est impossible à cause de son accollement étroit avec l'embryon. Le contenu de l'amnios est anéchogène durant les deux premiers mois de la gestation. A la fin du second mois, quelques zones plus échogènes sont souvent visibles. Le

contenu de l'amnios devient alors progressivement plus échogène. L'allantoïde, par contre, est anéchogène durant la première moitié de la gestation, son échogénicité augmentant à partir du 6^e mois de gestation.

Les *ébauches cotylédonnaires* (placentomes) ont vers le 35^e jour de gestation une longueur moyenne de 6 mm et une épaisseur de 2 mm. Ils se présentent sous forme de petits renflements de la paroi utérine. Au 60^e jour de gestation leur longueur est d'environ 20 mm.

— Développement des structures anatomiques de l'embryon et du foetus

Le développement anatomique de l'embryon et du foetus a été étudié en détail par Kahn (1989, 1990).

Les *membres antérieurs et postérieurs* de l'embryon ont une longueur respective de 3 et 2 mm environ au 31^e jour de gestation. Au 60^e jour de gestation, leur longueur respective est de 21 et 12 mm. Ils sont à ce moment aisément reconnaissables. Vers le 3^e mois de gestation, les différentes parties des membres antérieurs et postérieurs ont une longueur moyenne comprise entre 12 et 16 mm. Leur croissance devient par la suite exponentielle pour atteindre vers le 6^e mois de gestation une longueur comprise entre 55 et 65 mm.

La *colonne vertébrale* de l'embryon peut être mise en évidence dès la 5^e semaine de gestation. Au fur et à mesure que son ossification progresse, des zones d'ombre acoustique apparaissent lors de l'examen échographique. Le développement de la forme en L entre le 29^e et le 39^e jour de gestation résulte du redressement de la région cervicale et de l'allongement de la tête de l'embryon.

Au 40^e jour de gestation, la *cavité orbitaire* anéchogène est bien identifiable. Une à deux semaines plus tard, le cristallin est visible en section transversale de la tête. Les cavités orbitaires ont, sous cet angle, un aspect sphérique mais ovalaire en coupe longitudinale. Leur diamètre est respectivement de 4 mm au 2^e mois de gestation, de 10 mm au

3^e mois et de 3 cm en fin de gestation.

Les premières structures osseuses hyperéchogènes de la *tête* apparaissent au niveau de la bouche puis au niveau du crâne entre les 50^e et 60^e jour de gestation. A la fin du 3^e mois de gestation, les différentes structures de la tête sont aisément reconnaissables. Les diamètres interne et externe de la cavité crânienne sont respectivement de 10 et 17 mm au 2^e mois de gestation. Au 6^e mois de gestation, leurs valeurs moyennes sont comprises entre 63 et 76 mm et au 7^e mois entre 80 et 96 mm. La cavité crânienne ne peut habituellement pas être visualisée au cours des deux derniers mois de la gestation. Les mouvements des paupières, de la langue et des mâchoires de l'embryon peuvent être ensuite progressivement observés et constituent autant de signes de la viabilité foetale.

Des centres d'ossification apparaissent au niveau du *bassin* aux environs du deuxième mois de gestation. Trois à quatre semaines plus tard, l'ilium et l'ischium peuvent être identifiés sous la forme de quatre bâtonnets hyperéchogènes, l'ischium étant un peu plus court que l'ilium. Au 3^e mois de gestation, leur longueur est comprise entre 8 et 10 mm et entre 35 et 45 mm vers le 6^e mois de gestation.

Avec la colonne cervicale, la *trachée* constitue la structure la plus développée du cou. En coupe longitudinale, elle se présente comme une structure cylindrique anéchogène bordée de points plus échogènes que sont ses parois cartilagineuses. Son diamètre est d'environ 4 mm au 100^e jour de gestation et de 10 mm vers le 6^e mois de gestation.

Les *poumons* et le *foie* présentent une échogénicité similaire. Le foie, traversé par de multiples vaisseaux anéchogènes, et l'*estomac* occupent la partie postérieure de la cavité thoracique. Les différentes parties de ce dernier sont aisément identifiables dès le second mois de gestation. Par la suite, le contenu gastrique devient échogène et des phénomènes de turbulence peuvent y être observés.

Le *cordon ombilical* peut être détecté dès la 6^e semaine de gestation. Aux environs du 3^e mois de gestation, les artères et les veines qui le composent peuvent être distinguées et la pulsation artérielle est aisément observable. Son diamètre est d'environ 5 à 10 mm au 3^e mois de gestation et de 5 cm vers le 7^e mois.

Le *scrotum* peut être identifié vers le 50^e voire le 60^e jour de gestation. Les testicules ne sont visualisés que vers le 4^e mois de gestation. Leur échogénéité est habituellement inférieure à celle du *scrotum* qui les entoure. La descente testiculaire s'opère chez les bovins entre le 3^e et le 5^e mois de gestation.

L'*ossification* du crâne et des côtes apparaît entre le 55^e et le 60^e jour de gestation. Entre le 61^e et le 65^e jour de gestation, les mâchoires, les vertèbres cervicales, thoraciques, lombaires et sacrées et les membres s'ossifient également. Les épaules, les iliums et les ischiums deviennent visibles entre le 66^e et le 70^e jour. Les vertèbres de la queue sont ossifiées entre les jours 71 et 80, le sternum et les phalanges entre les jours 81 et 85.

Les *reins* sont identifiables dès le 4^e mois de gestation. Leur cortex est échogène et leur médullaire anéchogène. La *vessie* est rarement identifiable. Par ailleurs, son diamètre interne est variable, comprise entre 3 et 10 mm vers le 3^e mois et entre 20 et 30 mm au 7^e mois.

— La détermination du sexe foetal

La détermination du sexe foetal revêt une importance économique croissante en reproduction bovine, notamment dans le cadre de la commercialisation des receveuses d'embryons. La majorité des méthodes de sexage actuellement décrites concernent l'embryon (Seidel, 1988).

La détermination du sexe foetal par échographie est basée sur la mise en évidence du tubercule génital qui chez le mâle donne naissance au pénis et chez la femelle au clitoris (Noden et De Lahunta 1985). Le tubercule se présente sous la forme d'une structure hyperéchogène, bilobée,

chaque partie ayant une forme ovale dont les extrémités peuvent se rejoindre donnant au tubercule une forme en V (Curran et al. 1989, Curran et Ginther 1991). Il peut être mis en évidence sur une coupe frontale, sagittale ou, plus aisément, transversale de l'embryon. L'identification de la tête du fœtus, du battement cardiaque, de la pulsation du cordon ombilical, des membres postérieurs et de la queue rend plus aisée celle du tubercule génital. Il convient d'en préciser la localisation par rapport au cordon ombilical ou à la queue du fœtus (Curran et al. 1989). Vers le 47^e jour de gestation, le tubercule génital est localisé entre les membres postérieurs. Chez le mâle, il migre progressivement vers la région ombilicale qu'il atteint vers le 56^e jour de gestation tandis que chez la femelle il se déplace vers la région caudale où il est identifié vers le 54^e jour (Vigier et al. 1976, Curran et al. 1989). La localisation du tubercule génital peut être évaluée par l'attribution d'une cote de 1 à 5 (1 : localisation près de la région ombilicale, 2 : à mi-distance entre l'ombilic et les membres postérieurs, 3 : entre les membres postérieurs, 4 : à mi-distance entre les membres postérieurs et la queue, 5 : sous la queue) (Curran et al. 1989).

La détermination du sexe basée sur la mise en évidence du tubercule génital est possible dans l'espèce bovine entre le 50^e et le 100^e jour de gestation. Idéalement cependant le diagnostic est effectué comme chez la jument entre le 55^e et le 64^e jour de gestation (Curran et Ginther 1991). En effet, avant le 55^e jour, il est difficile de déterminer la position antérieure (mâle) ou postérieure (femelle) du tubercule génital (Curran et al. 1989). Au-delà du 100 à 120^e jour de gestation, la position déclive du fœtus en rend la détermination du sexe difficile voire impossible. La détermination du sexe foetal basée sur la mise en évidence (mâle) ou non (femelle) du renflement scrotal renfermant les testicules ou sur l'identification des bourgeons mammaires chez la femelle est également possible entre le 73^e et le 120^e jour de gestation (Miller et Wittkowski 1986).

La détermination échographique du sexe foetal par un clinicien expérimenté requiert moins de 2 minutes en moyenne. Elle peut être réalisée avec un degré d'exactitude compris entre 94 et 100 % (Muller et Wittkowski 1986, Wideman et al. 1989, Curran et Ginther 1991, Curran 1992).

— L'étude des changements de présentation foetale

L'échographie a permis de préciser les *changements de présentation* du fœtus au cours de la gestation. Alors qu'au 2^e mois de gestation, les présentations postérieures sont deux fois plus fréquentes (60 %) que les présentations antérieures (30 %), au cours des 3^e et 4^e mois de gestation, leur fréquence devient pratiquement équivalente (43 vs 44 %). Au 5^e mois de gestation, les présentations antérieures deviennent prédominantes et leur fréquence augmente jusqu'au moment de l'accouchement. Les présentations transversales se rencontrent dans 10 à 15 % des cas jusqu'au 5^e mois de gestation puis deviennent occasionnelles par la suite. Les changements de présentation sont particulièrement fréquents entre le 2^e et le 5^e mois de gestation. Ils diminuent après le 5^e mois et ne sont jamais observés au cours des deux derniers mois de la gestation (Kahn 1989).

2.2. Résultats des diagnostics de gestation par échographie

L'intérêt majeur de toute méthode de diagnostic de gestation réside dans la détection précoce des animaux non-gestants. Il est également indispensable que le degré d'exactitude des méthodes diagnostiques effectuées soit maximale pour éviter une interruption thérapeutique intempestive de la gestation ou une réforme de l'animal considéré à tort comme non-gestant. Une revue des différentes publications consacrées au diagnostic de gestation par échographie (Taverne et al. 1985, Reddy et al. in Humblot et Thibier 1984, White et al. 1985, Chaffaux et al. 1986, Willemse et Taverne 1989, Hanzen et Delsaux 1987, Pieterse et al. 1990, Hanzen et Laurent 1991,

Badtram et al. 1991, Kastelic et al. 1989) permet de conclure que cette méthode est plus apte à détecter les animaux gestants (Sensibilité : 91 % : 51 à 99) que non-gestants (Spécificité : 79 % : 74 à 95). Le degré d'exactitude des diagnostics de gestation (91 % : 70 à 99) est supérieur à celui des diagnostics de non-gestation (80 % : 57 à 97) (Ta-

bleau 3), le degré d'exactitude totale étant de 87 % (63-98).

L'interprétation des résultats de diagnostic de gestation dépend du stade de gestation auquel le diagnostic a été posé, de la fréquence de la mortalité embryonnaire tardive, de la fréquence d'émission de la sonde échographique, des critères

de diagnostic de gestation retenus, ainsi que de l'âge de l'animal.

Une comparaison des résultats des diagnostics de gestation et de non gestation posés avant (Tableau 4) et après le 35^e jour de gestation (Tableau 5) permet constater au cours de cette seconde période une augmentation de 47 % de la sensibilité de la méthode, le maintien de sa spécificité et une augmentation de 16, 46 et 29 % de l'exactitude des diagnostics de gestation et de non gestation et de l'exactitude totale respectivement. Par ailleurs, la spécificité de la méthode est habituellement supérieure à sa sensibilité avant le 35^e jour. Après le 35^e jour, la sensibilité est supérieure à la spécificité. La faible sensibilité du diagnostic échographique de gestation appliqué avant le 35^e jour de gestation peut s'expliquer par le nombre élevé de faux diagnostics de non gestation effectués à ce stade. Le diagnostic de gestation repose essentiellement sur la mise en évidence de modifications physiques de l'utérus. Il dépend donc de l'importance des modifications liées au *stade de gestation* mais également de la possibilité de mettre ces modifications en évidence. La *fréquence d'émission de la sonde* est donc aussi un facteur important. Selon plusieurs auteurs, les liquides utérins ne peuvent être détectés au moyen d'une sonde de 5 MHz avant le 20^e jour de gestation (Curran et al. 1986a, Kastelic et al. 1988).

La spécificité du diagnostic échographique ainsi que la valeur prédictive des diagnostics de gestation posés dépendent de plusieurs facteurs. La *présence de liquides utérins* peut être révélatrice d'un état œstral de l'animal ou d'une pathologie utérine telle le pyomètre ou le mucomètre (Pierson et Ginther 1987, Kastelic et al. 1989). Il est utile en cas de doute de vérifier par échographie le caractère fonctionnel du corps jaune et la présence éventuelle d'un follicule (Kastelic et al. 1989). La spécificité de la méthode pourrait être améliorée par la *recherche systématique de l'embryon* dont la détection n'est habituellement possible que vers le 28^e jour de gestation au moyen d'une sonde de 5 MHz (Pierson et Ginther

TABLEAU 3
Résultats comparés des diagnostics de gestation par échographie

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOT
Stade (Jours)			21-70	NP	92-202	21-60	26-33	24-81	21-33	26-70	16-31	10-24	
Sonde (MHz)			3.0		3.5	3.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
Echo	F.R.												
+	+	(a)	129	166	173	166	43	222	56	1252	80	92	2379
+	-	(b)	3	32	1	9	5	14	11	126	35	12	248
-	-	(c)	62	102	3	102	36	61	64	349	107	65	951
-	+	(d)	7	9	2	32	1	7	17	39	77	48	239
n examens			201	309	179	309	85	304	148	1766	299	217	3817
n animaux			201	309	179	100	85	304	148	1766	200	34	3326
Sensibilité			95	95	99	84	98	97	77	97	51	65	91
Spécificité			95	76	75	92	88	81	85	74	75	84	79
Exactitude +			98	84	99	95	90	94	84	91	70	88	91
Exactitude -			90	92	60	76	97	90	79	90	58	57	80
Exactitude totale			95	87	98	87	93	93	81	91	63	72	87

1. Taverne et al. 1985; 2. Humblot et Thibier 1984
3. White et al. 1985; 4. Chaffaux et al. 1986
5. Willemsse et Taverne 1989; 6. Hanzen et Delsaux 1987
7. Pieterse et al. 1990; 8. Hanzen et Laurent 1991
9. Badtram GA et al. 1991; 10. Kastelic et al. 1989
NP: non précisé

TABLEAU 4
Résultats comparés des diagnostics de gestation par échographie avant le 35^e jour

			1	2	3	4	5	6	7	Total
Stade (Jours)			28-35	< 30	21-33	< 30	16-31	10-24	< 30	< 35
Sonde (MHz)			3.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
Echo	F.R.									
+	+	(a)	27	12	56	42	80	92	13	322
+	-	(b)	0	5	11	6	35	12	16	85
-	-	(c)	24	3	64	7	107	65	32	302
-	+	(d)	7	1	17	2	77	48	8	160
n examens			581	21	148	57	299	217	69	869
Sensibilité			79	92	77	95	51	65	62	67
Spécificité			100	38	85	54	75	84	67	78
Exactitude +			100	71	84	88	70	88	45	79
Exactitude -			77	75	79	78	58	57	80	65
Exactitude totale			88	71	81	86	63	72	65	72

1. Taverne et al. 1985; 2. Hanzen et Delsaux 1987
3. Pieterse et al. 1990; 4. Hanzen et Laurent 1991
5. Badtram GA et al. 1991; 6. Kastelic et al. 1989
7. Chaffaux et al. 1986

TABLEAU 5

Résultats comparés des diagnostics de gestation par échographie après le 35^e jour de gestation

			1	2	3	4	4	4	Total
Stade (Jours)			40-49	40-49	36-49	40-49	50-59	60-70	> 35
Sonde (MHz)			5.0	3.0	3.0	5.0	5.0	5.0	
Echo	F.R.								
+	+	(a)	73	32	43	444	232	32	856
+	-	(b)	2	10	3	39	17	1	72
-	-	(c)	17	22	17	129	60	21	266
-	+	(d)	1	0	0	8	3	1	13
n examens			93	64	63	620	312	55	1207
Sensibilité			98	100	100	98	98	97	99
Spécificité			89	69	85	77	77	95	79
Exactitude +			97	76	93	92	93	97	92
Exactitude -			94	100	100	94	95	95	95
Exactitude totale			97	84	95	93	94	96	93

1. Hanzen et Delsaux 1987; 2. Chaffaux et al. 1986

3. Taverne et al. 1985; 4. Hanzen et Laurent 1991

1984b, Reeves et al. 1984, Fissore et al. 1986). Cependant, cette façon de faire risque de prolonger la durée de l'examen.

La fréquence de la mortalité embryonnaire est également susceptible de modifier le degré d'exactitude des diagnostics de gestation posés par échographie. Dans une étude échographique récente (Hanzen et Laurent 1991), la fréquence de la mortalité embryonnaire au cours de la période comprise entre le 28^e et le 59^e jour de gestation a été estimée à 9%. L'absence de battements cardiaques constitue le signe le plus évident d'une mortalité embryonnaire (Kahn et Leidl 1989, Pierson et Ginther 1984b, Curran et al. 1986b). Celle-ci est habituellement précédée d'une diminution de la fréquence cardiaque. La mortalité embryonnaire secondaire résulte d'une lutéolyse et se caractérise par l'expulsion rapide de l'embryon et de ses enveloppes : l'animal revient en chaleurs au cours des 2 à 3 jours suivants. A l'inverse, lors d'une mortalité embryonnaire primaire (atteinte de l'embryon ou de ses membranes, naturelle ou induite par une injection intrautérine de colchicine ou par la rupture manuelle des enveloppes), le corps jaune se maintient, l'embryon présente des signes de dégénérescence et les liquides sont retenus dans l'utérus pendant 4 à 5 semaines. Dans les deux cas cependant, l'embryon et ses enve-

loppes sont plus fréquemment expulsés au travers du col utérin que résorbés (Kastelic et Ginther 1989).

L'âge de l'animal n'exerce aucune influence sur l'efficacité de la méthode puisqu'aucune différence significative de la spécificité et de la sensibilité n'a été constatée entre les génisses et les vaches (Hanzen et Laurent 1991, Batram et al. 1991). D'autres auteurs ont cependant rapporté une diminution de l'exactitude du diagnostic en fonction de l'âge (Hugues et Davies 1989). Il ne semble pas que soit l'importance des modifications induites par la gestation par rapport à la dimension des cornes utérines, soit les conditions d'examen plus difficiles, soit la fréquence de pathologies utérines plus fréquentes chez les vaches, puissent modifier la précision des résultats.

2.3. Echoscopie et prélèvement de liquides fœtaux

La détermination du sexe fœtal et les études physiopathologiques relatives à la gestation constituent autant d'indications justifiant le prélèvement de liquide amniotique ou allantoïdien. Récemment, une méthode échographique semblable à celle proposée pour la ponction folliculaire (Pieterse et al. 1988) a été décrite (Vos et al. 1990). Le prélèvement de liquide allantoïdien ou amniotique est possible respective-

ment dès le 32^e et 44^e jour de gestation. Cependant, le risque de mort fœtale secondaire à une contamination bactérienne de l'utérus ou à la manipulation intempestive de celui-ci n'est pas à négliger.

SUMMARY

Clinical use of ultrasonography in bovine reproduction. 2. Pregnant and non-pregnant uterus

Ultrasonography is more and more intensively used in bovine reproduction. This literature review presents the applications of this diagnostic method to the examination of pregnant and non-pregnant uterus.

Pregnancy diagnosis is the main indication of ultrasonography. The method is early since usable in practice 30 days after insemination. It offers the possibility to detect 90 and 80% of pregnant and non-pregnant animals respectively with an accuracy of 87%.

Ultrasonography is also used to study morphological development of embryonic vesicle, embryo and foetus. Stage of pregnancy can be determined by measuring embryo and foetus. The method can be also used for foetal sexing and to quantify and study the pathogeny of embryonic mortality. This technique can be also applied for repeated aspiration of amniotic and allantoic fluid.

BIBLIOGRAPHIE

- ABBITT B, BALL L, KITTO GP SITZMAN C.G., WILGENBURG B., RAIM L.W., SEIDEL G.E. Effect of three methods of palpation for pregnancy diagnosis per rectum on embryonic and fetal attrition in cows. *J.A.V.M.A.*, 1978, 173, 973-977.
- BARTOL F.F., THATCHER W.W., BAZER F.W. Effects of the oestrous cycle and early pregnancy on bovine uterine, luteal and follicular responses. *Biol. Reprod.*, 1981, 25, 759-776.
- BADTAAM G.A., GAINES J.D., THOMAS C.B., BOSU W.T.K. Factors influencing the accuracy of early pregnancy detection in cattle by real-time ultrasound scanning of the uterus. *Theriogenology*, 1991, 35, 1153-1167.
- BETTRIDGE K.J., EAGLESONE M.D., RANDALL G.C.B., MITCHELL D. Collection, description and transfer of embryos from cattle 10-16 days after estrus. *J. Reprod. Fert.*, 1980, 59, 205-216.
- BOYD J.S., OMRAN S.N., AYLIFFE T.R. B-mode ultrasound scanning to identify early pregnancy in cows. *Vet. Rec.*, 1988, 123, 8-11.
- CHAFFAUX S., REDDY G.N.S., VALON F., THIBIER M. Transrectal real-time ultrasound scanning for diagnosing pregnancy and monitoring embryonic mortality in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.*, 1986, 10, 193-200.
- CURRAN S., PIERSON R.A., GINTHER O.J. Ultrasonic appearance of the bovine conceptus from days 10 through 20. *J.A.V.M.A.*, 1986a, 189, 1289-1294.
- CURRAN S., PIERSON R.A., GINTHER O.J. Ultrasonic appearance of the bovine conceptus from days 20 through 60. *J.A.V.M.A.*, 1986b, 189, 1295-1302.
- CURRAN S., KASTELIC J.P., GINTHER O.J. Determining sex of the bovine fetus by ultrasonic assessment of the relative location of the genital tubercle. *Anim. Reprod. Sci.*, 1989, 19, 217-227.
- CURRAN S., GINTHER O.J. Ultrasonic determination of fetal gender in horses and cattle under farm conditions. *Theriogenology*, 1991, 36, 809-814.
- CURRAN S. Fetal sex determination in cattle and horses by ultrasonography. *Theriogenology*, 1992, 37, 17-21.
- FISSORE R.A., EDMONDSON A.J., PASHEN R.J., BONDU-RANT R.H. The use of ultrasonography for the study of the bovine reproductive tract. II. Non-pregnant, pregnant and pathological conditions of the uterus. *Anim. Reprod. Sci.*, 1986, 12, 167-177.
- FOOTE R.H., OLTENACU E.A.B., KUMMERFELD E.A. Milk progesterone as a diagnostic aid. *Br. Vet. J.*, 1979, 135, 50-558.
- FOSGATE O.T., SMITH V.R. Prenatal mortality in the bovine between pregnancy diagnosis at 34-50 days post-insemination and parturition. *J. Dairy Sci.*, 1954, 32, 1071-1073.
- GINTHER O.J. Dynamic physical interactions between equine embryos and uterus. *Equine Vet. J.*, 1981, Suppl 3, 41-47.
- GREENSTEIN J.S., FOLEY R.C. Early embryology of the cow. 1. Gastrula and primitive streak stages. *J. Dairy Sci.*, 1958, 41, 409-421.
- HANZEN Ch., DELSAUX B. Use of transrectal B-mode ultrasound imaging in bovine pregnancy diagnosis. *Vet. Rec.*, 1987, 121, 200-202.
- HANZEN Ch., LAURENT Y. Application de l'échographie bidimensionnelle au diagnostic de gestation et l'évaluation de l'incidence de la mortalité embryonnaire dans l'espèce bovine. *Ann. Méd. Vet.*, 1991, 135, 481-487.
- HANZEN Ch., LAURENT Y., JAKOVljeVIC S. Applications de l'échographie en reproduction bovine. I. L'examen des ovaires. *Ann. Méd. Vet.*, 1993, 137, 13-18.
- HAWK H.W., WILTBANK J.N., KIDDER H.E., CASIDA L.E. Embryonic mortality between 16 and 34 days postbreeding in cows of low fertility. *J. Dairy Sci.*, 1955, 38, 673-676.
- HUGHES E.A., DAVIES D.A.R. Practical uses of ultrasound in early pregnancy in cattle. *Vet. Rec.*, 1989, 124, 456-458.
- HUMBLLOT P., THIBIER M. Evaluation comparée des méthodes de diagnostic de gestation chez les bovins. *Elevage et Insémination*, 1984, 200, 3-18.
- KAHN W., LEIDL W. Ultrasonic characteristics of pathological conditions of the bovine uterus and ovaries. In: Taverne MM, Willemse AH, eds. Diagnostic ultrasound and animal reproduction. *Kluwer Academic Publisher.*, 1989, pp. 53-65.
- KAHN W. Sonographic fetometry in the bovine. *Theriogenology*, 1989, 31, 1105-1121.
- KAHN W. Sonographic imaging of the bovine fetus. *Theriogenology*, 1990, 33, 385-396.
- KASTELIC J.P., CURRAN S., PIERSON R.A., GINTHER O.J. Ultrasonic evaluation of the bovine conceptus. *Theriogenology*, 1988, 29, 39-54.
- KASTELIC J.P., GINTHER O.J. Fate of conceptus and corpus luteum after induced embryonic loss in heifers. *J.A.V.M.A.*, 1989, 194, 922-928.
- KASTELIC J.P., CURRAN S., GINTHER O.J. Accuracy of ultrasonography for pregnancy diagnosis on days 10 to 22 in heifers. *Theriogenology*, 1989, 31, 813-820.
- KASTELIC J.P., BERGFELT D.R., GINTHER O.J. Ultrasonic detection of the conceptus and characterization of intrauterine fluid on days 10 to 22 in heifers. *Theriogenology*, 1991, 35, 569-581.
- LAING J.A., EASTMAN S.A.K., BOUTFLOWER J.C. The use of progesterone concentration in milk and plasma for pregnancy diagnosis in cattle. *Br. Vet. J.*, 1979, 1365, 204-209.
- LAITINEN J., REMES E., TENHUNEN M., HANNINEN O., ALANKA M. Milk progesterone in Finnish dairy cows, a field study on the control of artificial insemination and early pregnancy. *Br. Vet. J.*, 1985, 141, 297-307.
- MULLER E., WITTKOWSKI G. Visualization of male and female characteristics of bovine fetuses by real-time ultrasonics. *Theriogenology*, 1986, 25, 571-574.
- NODEN D.M., DE LAHUNTA A. The embryology of domestic animals. Developmental mechanisms and malformations. Williams and Wilkins MD, 1985, 330-335.
- OKANO A., TOMIZUKA T. Ultrasonic observation of postpartum uterine involution in the cow. *Theriogenology*, 1987, 27, 369-376.
- PAISLEY L.G., MICKELSEN W.D., FROST O.L. A survey of the incidence of prenatal mortality in cattle following pregnancy diagnosis by rectal palpation. *Theriogenology*, 1978, 9, 481-489.
- PENNINGTON J.A., SCHULZ L.H., HOFFMAN W.F. Comparison of pregnancy diagnosis by milk progesterone on day 21 and day 24 postbreeding, Field study in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 1985, 68, 2740-2745.
- PIERSON R.J., GINTHER O.J. Ultrasonography for the detection of pregnancy and study of embryonic development in heifers. *Theriogenology*, 1984b, 22, 225-233.
- PIERSON R.J., GINTHER O.J. Ultrasonic appearance of the bovine uterus during the oestrous cycle. *J.A.V.M.A.*, 1987, 190, 995-1001.
- PIETERSE M.C., KAPPEN K.A., KRUIP T.H.A.M., TAVERNE M.A.M. Aspiration of bovine oocytes during transvaginal ultrasound scanning of the ovaries. *Theriogenology*, 1988, 30, 751-762.
- PIETERSE M.C. Ultrasonic characteristics of physiological structures on bovine ovaries. In: Taverne MM, Willemse AH, eds. Diagnostic ultrasound and animal reproduction. Kluwer Academic Publisher., 1989, pp. 37-52.
- PIETERSE M.C., SZENIC O., WILLEMSE A.H., BAJCSY S.A., DIELEMAN S.J., TAVERNE M.A.M. Early pregnancy diagnosis in cattle by means of linear-array real time ultrasound scanning of the uterus and a qualitative and quantitative milk progesterone test. *Theriogenology*, 1990, 33, 697-708.
- REEVES J.J., RANTANEN N.W., HAUSER M. Transrectal real-time ultrasound scanning of the cow reproductive tract. *Theriogenology*, 1984, 21, 485-494.
- SEIDEL G.E. Sexing mammalian sperm and embryos. Proc. 11 th International Congress on Animal Reproduction and Artificial insemination. Dublin, 1988, Vol. 5, 136-144.
- SHEMESH M., AYALON N., SHALEV E., NERYA A., SCHINDLER H., MILGUIR F. Milk progesterone measurement in dairy cows, correlation with estrus and pregnancy determination. *Theriogenology*, 1978, 9, 343-352.
- TAVERNE M.A.M., SZENIC O., SZETAG J., PIORS A. Pregnancy diagnosis in cows with linear-array real time ultrasonud scanning, a preliminary note. *The Veterinary Quarterly*, 1985, 7, 264-270.

- VAILLANCOURT D., BIRSCHWAL C.J., OGWU D. Correlation between pregnancy diagnosis by membrane slip and embryonic mortality. *J.A.V.M.A.* 1979, 175, 466-468.
- VIGIER P.B., PREPIN J., JOST A. Chronologie du développement de l'appareil génital du fœtus de veau. *Arch. Anat. Microsc. Morphol.*, 1976, 65, 6-102.
- VOS P.L.A.M., PIETERSE M.C., VAN DER WEYDEN G.C., TAVERNE M.A.M. Bovine fluid collection, transvaginal, ultrasound guided puncture technique. *Vet. Rec.*, 1990, 127, 502- 504.
- WILLEMSE A.H., TAVERNE M.A.M. Early pregnancy diagnosis in cattle by means of transrectal real-time ultrasound scanning of the uterus. In: Taverne MM, Willemse AH, eds. *Diagnostic ultrasound and animal reproduction. Kluwer Academic Publisher.*, 1989, pp. 67-72.
- WHITE I.R., RUSSEL A.J.F., WRIGHT I.A., WHYTE T.K. Real-time ultrasonic scanning in the diagnosis of pregnancy and the estimation of gestational age in cattle. *Vet. Rec.* 1985, 117, 5-8.
- WIDEMAN D, DORN C.G., KRAEMER D.C. Sex determination of the bovine fetus using linear array real-time ultrasonography. *Theriogenology*, 1989, 31, 272.
- WILSON J.M., ZALESKY D.D. Early pregnancy determination in the bovine utilizing ultrasonography. *Theriogenology*, 1988, 29, 5-8.
- ZAIED A.A., BIRSCHWAL C.J., ELMORE R.G., YOUNGQUIST R.S., SHARP A.J., GARVERICK H.A. Concentration of progesterone in milk as a monitor of early pregnancy diagnosis in dairy cows. *Theriogenology*, 1979, 12, 3-11.
- ZOLI A.P., BECKERS J.F., WOUTERS-BALLMAN P., CLOSSET J., FALMAGNE P., ECTORS F. Purification and characterization of a bovine Pregnancy-Associated-Glycoprotein. *Biol. Reprod.*, 1991, 45, 1-10.