



ECHOGRAPHIE & REPRODUCTION CHEZ LA TRUIE

Bases et applications pratiques

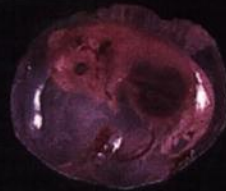
F. Martinat-Botté

G. Renaud

F. Madec

P. Costiou

M. Terqui



 **INRA**
EDITIONS

Hoechst Roussel Vet

ECHOGRAPHIE ET REPRODUCTION CHEZ LA TRUIE

Bases et applications pratiques

Françoise Martinat-Botté, Guy Renaud, François Madec, Patrick Costiou, Michel Terqui

Photographies : Alain Béguey (*sauf indication contraire*)

Hoechst Roussel Vet

140, rue Jean Lolive - 93695 Pantin Cedex

Institut National de la Recherche Agronomique

147, rue de l'Université - 75338 Paris Cedex 07

Adresse des Auteurs :

Françoise Martinat-Botté

INRA CNRS URA 1291, Station de Physiologie de la Reproduction des Mammifères Domestiques
37380 Nouzilly

Guy Renaud

INRA Station Expérimentale d'Insémination Artificielle
86480 Rouillé

François Madec

Centre National d'Etudes Vétérinaires et Alimentaires
Laboratoire Central de Recherches Avicole et Porcine
Zoopole, les Croix
22440 Ploufragan

Patrick Costiou

Ecole Nationale Vétérinaire
Laboratoire d'Anatomie des Animaux Domestiques
BP 3013
44087 Nantes

Michel Terqui

INRA CNRS URA 1291, Station de Physiologie de la Reproduction des Mammifères Domestiques
37380 Nouzilly

Photographies :

Alain Béguey

INRA CNRS URA 1291, Station de Physiologie de la Reproduction des Mammifères Domestiques
37380 Nouzilly

© INRA, Paris 1998 - ISBN : 2-7380-0767-8

Le code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique. Toute reproduction, partielle ou totale, du présent ouvrage est interdite sans autorisation des éditeurs ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 3, rue Hautefeuille, 75006 Paris.

Table des matières

| | |
|--|----|
| Préface | 6 |
| Avant-propos | 7 |
| Introduction | 8 |
| Chapitre I - Le principe de l'échographie | 9 |
| A - L'onde sonore et la production des ultrasons..... | 10 |
| 1 - L'onde sonore..... | 10 |
| 2 - La production des ultrasons..... | 10 |
| 3 - La formation des échos..... | 11 |
| B - Les matériels..... | 11 |
| 1 - L'échographe..... | 11 |
| 2 - Les différentes sondes..... | 11 |
| 3 - L'équipement nécessaire à la réalisation de l'échographie chez la truie..... | 12 |
| 4 - Les précautions d'utilisation..... | 13 |
| C - Les avantages et les limites de l'échographie..... | 13 |
| 1 - Les avantages..... | 13 |
| 2 - Les limites..... | 13 |
| D - L'interprétation des images échographiques..... | 13 |
| E - Artéfacts..... | 14 |
| 1 - Mauvais contact..... | 14 |
| 2 - Déplacement des échos..... | 14 |
| 3 - Mauvais réglage de l'échographe..... | 14 |
| 4 - Interférences..... | 14 |
| 5 - Réverbération..... | 14 |
| 6 - Mauvaise incidence..... | 14 |
| 7 - Cône d'ombre..... | 14 |
| 8 - Renforcement postérieur..... | 14 |
| Conclusion..... | 15 |
| Bibliographie..... | 15 |
| Résumé..... | 15 |
| Chapitre II - L'appareil génital | 17 |
| A - Rappels anatomiques..... | 18 |
| 1 - L'appareil génital..... | 18 |
| a) Les ovaires..... | 18 |
| b) Les trompes utérines..... | 18 |
| c) L'utérus..... | 18 |
| d) Le vagin..... | 20 |
| e) La vulve..... | 20 |
| 2 - Les formations avoisinantes de l'appareil génital..... | 20 |
| a) La vessie..... | 20 |
| b) Les mamelles..... | 20 |
| c) La paroi abdominale..... | 20 |
| B - Les modalités d'examen..... | 20 |
| 1 - L'échographie par voie externe ou échographie transcutanée..... | 20 |
| 2 - L'échographie par voie rectale ou échographie transrectale..... | 21 |
| C - Ecueils de l'examen échographique..... | 21 |
| 1 - Les anses intestinales..... | 21 |
| 2 - La vessie..... | 21 |
| 3 - L'irrigation des ligaments larges..... | 22 |
| 4 - La présence de poches liquidiennes..... | 24 |
| Conclusion..... | 26 |
| Bibliographie..... | 26 |
| Résumé..... | 26 |

| | |
|---|----|
| Chapitre III - La topographie de l'appareil génital | 27 |
| A - Réalisation de l'étude topographique..... | 28 |
| B - La topographie de l'appareil génital..... | 28 |
| 1 - Femelles non gravides..... | 28 |
| a) <i>Truies (primipares ou multipares)</i> | 30 |
| b) <i>Cochettes</i> | 34 |
| 2 - Femelles gravides..... | 36 |
| a) <i>Truies (primipares ou multipares)</i> | 36 |
| b) <i>Cochettes</i> | 36 |
| Conclusion..... | 36 |
| Résumé..... | 38 |
| | |
| Chapitre IV - Le cycle oestral | 39 |
| A - Le contrôle endocrinien..... | 40 |
| 1 - La phase folliculaire..... | 40 |
| 2 - La phase lutéale..... | 40 |
| B - L'évolution de l'utérus..... | 42 |
| 1 - Modifications de l'utérus..... | 42 |
| 2 - L'évolution des images échographiques..... | 42 |
| C - L'évolution de l'ovaire et l'ovulation..... | 44 |
| 1 - Modifications morphologiques..... | 44 |
| 2 - L'évolution des images échographiques des ovaires..... | 46 |
| 3 - Le moment d'ovulation..... | 46 |
| Conclusion..... | 48 |
| Bibliographie..... | 48 |
| Résumé..... | 48 |
| | |
| Chapitre V - La gestation | 49 |
| A - La reconnaissance et le maintien de la gestation : principaux mécanismes..... | 50 |
| B - Les modifications morphologiques des ovaires et de l'utérus et le développement embryonnaire et foetal..... | 52 |
| 1 - Les modifications morphologiques des ovaires et de l'utérus..... | 52 |
| 2 - Le développement embryonnaire et foetal..... | 54 |
| a) <i>La vie libre des embryons</i> | 54 |
| b) <i>L'implantation</i> | 56 |
| c) <i>Le développement embryonnaire et foetal</i> | 57 |
| - Les enveloppes embryonnaires et foetales..... | 57 |
| - La croissance des embryons et des foetus..... | 57 |
| C - Le suivi de la gestation par échographie..... | 60 |
| 1 - Description des images..... | 60 |
| a) <i>Avant 18 jours</i> | 60 |
| b) <i>Après 18 jours</i> | 60 |
| 2 - Approche quantitative..... | 65 |
| a) <i>La croissance des vésicules embryonnaires</i> | 65 |
| b) <i>La croissance des embryons</i> | 65 |
| D - La taille de la portée et l'avortement..... | 66 |
| 1 - La mortalité embryonnaire et foetale..... | 66 |
| 2 - La détection de l'arrêt de la gestation..... | 66 |
| 3 - La prévision de la taille de la portée..... | 68 |
| Conclusion..... | 68 |
| Bibliographie..... | 68 |
| Résumé..... | 70 |

| | |
|---|----|
| Chapitre VI - Le post-partum et la lactation | 71 |
| A - Principaux mécanismes de la restauration de la fonction de reproduction..... | 72 |
| B - L'évolution de l'utérus..... | 72 |
| 1 - Modifications de l'utérus..... | 72 |
| 2 - L'évolution des images échographiques..... | 74 |
| Conclusion..... | 76 |
| Bibliographie..... | 76 |
| Résumé..... | 76 |
| | |
| Chapitre VII - Détection d'anomalies de l'ovaire, de l'utérus et de la vessie | 77 |
| A - Anomalies ovariennes..... | 78 |
| 1 - Les kystes ovariens..... | 78 |
| a) Aspect, causes et fréquence..... | 78 |
| b) Description des images échographiques..... | 80 |
| 2 - Les corps jaunes hémorragiques..... | 82 |
| B - Anomalies de l'utérus..... | 83 |
| 1 - Métrite..... | 83 |
| 2 - Foetus momifiés..... | 83 |
| C - Anomalies de la vessie..... | 84 |
| 1 - Cystite..... | 84 |
| 2 - Concrétions minérales..... | 84 |
| 3 - Description des images échographiques..... | 84 |
| Conclusion..... | 87 |
| Bibliographie..... | 87 |
| Résumé..... | 87 |
| | |
| Chapitre VIII - Applications du contrôle de gestation dans la conduite de l'élevage porcin | 89 |
| A - Réalisation du contrôle de gestation et enregistrement des informations..... | 90 |
| B - L'exactitude des résultats du contrôle ou "diagnostic" de gestation..... | 90 |
| 1 - Les définitions..... | 90 |
| 2 - L'exactitude et les facteurs de variation..... | 91 |
| C - L'incidence de l'échographie sur la conduite de l'élevage..... | 94 |
| 1 - La répartition des retours en oestrus..... | 94 |
| 2 - Les réformes..... | 94 |
| D - Le temps passé pour la mise en oeuvre de l'échographie dans les élevages..... | 94 |
| E - La pénétration de l'échographie dans les élevages, en 1995..... | 95 |
| Conclusion..... | 96 |
| Bibliographie..... | 96 |
| Résumé..... | 96 |
| | |
| Conclusions | 97 |
| Index | 99 |

Préface

La Société Roussel Uclaf s'intéresse depuis ses débuts à l'amélioration des productions des animaux de rente tant d'un point de vue qualitatif que quantitatif. Il n'est donc pas étonnant que des collaborations se soient engagées avec l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) pour les productions bovines, aviaires et porcines. Certaines de ces collaborations vivent depuis de nombreuses années. C'est en particulier le cas pour la maîtrise de la reproduction porcine. En effet, il y a un peu plus de 20 ans que les premiers contacts ont été pris entre le Département Recherches de Roussel Uclaf et la Station de Physiologie de la Reproduction des Mammifères Domestiques (PRMD) de l'INRA à Nouzilly pour évaluer les potentialités d'un progestagène (RU 2267) afin de synchroniser les oestrus de la jeune truie. Un traitement a pu être mis au point et testé dans des élevages grâce à la participation de la Station Expérimentale d'Insémination Artificielle (SEIA) de l'INRA à Rouillé. A cette époque, l'Institut Technique du Porc souhaitait développer la conduite en bandes afin d'organiser les différentes phases de production, tout en assurant une qualité sanitaire optimale. Toutefois, pour que ce système puisse fonctionner, il est nécessaire que les cochettes soient introduites de manière groupée. Cette conjonction entre besoin, traitement adéquat et expertise en reproduction a permis de transformer ce traitement en méthode d'élevage et le verbe "Régumater" est né. La coopération entre l'INRA et Hoechst Roussel Vet se continue pour assurer une meilleure maîtrise de la reproduction au service de la qualité de cette production.

Cependant, il est aussi indispensable de disposer de moyens pour déterminer l'état physiologique des femelles, et la même équipe de la PRMD ainsi que la SEIA se sont intéressées à l'échographie d'ultrasons. Il est très vite apparu nécessaire de disposer d'une base anatomique précise, ce qui a été entrepris avec Patrick Costiou, du Laboratoire d'Anatomie des Animaux Domestiques de l'École Vétérinaire de Nantes. Alors que les premiers contrôles de gestation par échographie se mettaient en place dans les élevages avec la SEIA, des images "anormales" étaient enregistrées. En collaboration avec François Madec du Centre National d'Etudes Vétérinaires et Alimentaires à Ploufragan, une étude systématique a permis de relier des images échographiques à des pathologies du tractus génital femelle. Grâce à ces études et aux très nombreuses échographies expérimentales réalisées en élevage, d'une simple exploration, l'échographie d'ultrasons est devenue pour l'éleveur un moyen très fiable de contrôler l'efficacité de la reproduction. Son intérêt est très vite apparu à tous et le verbe "Echographier" fait aussi partie du vocabulaire de la conduite d'élevage.

Le développement très important de l'échographie en élevage porcin, la sollicitation de plus en plus fréquente pour interpréter certaines images, ont convaincu les auteurs qu'il serait utile de rassembler toutes ces informations, de les mettre à la disposition de tous, enseignants, praticiens, techniciens et éleveurs.

Nous sommes donc honorés d'avoir pu contribuer à la création et à la diffusion de cet ouvrage et remercions les auteurs pour cette importante contribution au service de l'élevage porcin.

Alain BILLAULT
Président Directeur Général
de
Hoechst Roussel Vet France

François GROSCLAUDE
Directeur Scientifique
des Productions Animales
INRA

Avant-propos

L'échographie est une méthode utilisée dans de multiples domaines. Son application à la sphère génitale de nombreuses espèces animales est connue et plus particulièrement chez la truie. Toutefois, aucune synthèse n'avait jamais été présentée pour cette espèce et l'annonce de cette publication nous laissait espérer une mise au point d'un manuel facilitant son utilisation.

C'était méconnaître les Auteurs réunis autour de Mme Martinat-Botté qui, tous spécialistes de l'élevage du porc, ont voulu aller plus loin, et, le titre ne laisse aucun doute. Cette présentation s'adresse à la fonction de l'appareil génital et non à l'appareil lui-même. La différence est importante.

En effet, tous les spécialistes du porc savent que la base de l'économie d'un élevage est dominée par la fonction de reproduction. En dehors de l'intervalle sevrage-saillie fécondante, la truie doit être gravide ou allaitante. Cette donnée ne peut être oubliée.

Surveiller la fonction de reproduction de chaque femelle n'est pas chose aisée surtout quand on ne peut utiliser que l'observation et les modifications du comportement. Chez la truie, aucun examen gynécologique en dehors de l'examen vaginal n'est possible, à l'inverse de ce qui est réalisable chez la jument et la vache.

Une méthode instrumentale d'application facile apparaît alors nécessaire et comme le montrent les Auteurs de cette synthèse, l'échographie peut répondre à ce besoin.

Après une introduction qui rappelle les principes généraux de l'échographie, le matériel, l'interprétation des images et les artefacts, l'appareil génital et sa topographie font l'objet des deux chapitres suivants. Les auteurs utilisent les meilleures références, je me permets d'en souligner une, en raison de son originalité, c'est l'important travail que Monsieur Pavaux avait réalisé pour le premier cours de spécialisation porcine en France sur l'étude des coupes paravertébrales faites sur des porcs congelés, travail qui a permis de dessiner la projection cutanée des différents organes thoraciques et abdominaux. Les Auteurs ont repris cette méthodologie pour la topographie de l'appareil génital. Les images échographiques sont analysées et les erreurs soulignées, puis vient le chapitre du cycle oestral dont la physiologie et le contrôle hormonal sont expliqués, les images échographiques et les erreurs sont commentées. La gestation fait suite, la matière est riche car la plus explorée. Le développement embryonnaire est expliqué en détail, pour mieux comprendre l'évolution morphologique et les anomalies. Le post-partum méritait d'être évoqué ainsi que la détection des anomalies de l'ovaire, de l'utérus et de la vessie.

Tous ces chapitres sont présentés de façon très didactique, dans une écriture simple mais combien agréable à lire malgré la difficulté du sujet, à souligner la très riche iconographie complétée par des schémas annotés, ce qui permet une excellente compréhension. Enfin, un résumé soulignant les faits majeurs termine chaque chapitre.

Je n'ai pas, volontairement, évoqué le dernier chapitre "Applications du contrôle de la gestation dans la conduite de l'élevage porcin", qui constitue à l'heure actuelle l'utilisation majeure. En effet, je souhaite m'associer aux Auteurs pour dire que l'échographie doit aller plus loin. Elle doit devenir l'instrument d'étude de la fonction génitale et faire progresser ainsi la production porcine.

Tout l'intérêt que j'ai porté à la lecture de cet ouvrage, j'aimerais le partager avec les personnes proches des réalités de l'élevage qui ne manqueront pas de compléter leurs connaissances, ou de s'initier, mais surtout de réfléchir au domaine qui s'ouvre et aux applications futures. Cet ouvrage, en raison de sa présentation, restera la base solide des progrès de l'échographie.

Je ne saurais terminer sans adresser tous mes compliments à toute l'équipe d'Auteurs réunis autour de Madame Martinat-Botté, et toutes mes félicitations à l'Éditeur qui a réalisé une magnifique présentation malgré les difficultés.

J.R. TOURNUT
Professeur des Ecoles Vétérinaires
Président de l'Association Française de Médecine Vétérinaire Porcine
Past Président de l'International Pig Veterinary Society

Introduction

L'utilisation des ultrasons en élevage porcin a commencé par la mesure de l'épaisseur de lard (1). Avec un échographe unidimensionnel, Bosc et al. (2) ont montré qu'il était possible de détecter la gestation. Les résultats obtenus avec l'échographie multidimensionnelle par Palmer et Driancourt (3) chez la jument ont suscité de nombreux travaux dans diverses espèces. En particulier chez le porc, Inaba et al. (4) et Botero et al. (5) ont montré que l'échographie d'ultrasons permettait aussi de détecter la gestation. Depuis, les possibilités de cette méthode pour l'exploration du tractus génital de la femelle sont mieux connues et cela explique pourquoi les examens échographiques sont de plus en plus pratiqués.

Cependant pour obtenir des images et leur donner une interprétation correcte, il faut, en fonction de l'état physiologique de la femelle, savoir où placer la sonde, connaître les organes qui seront traversés par les ultrasons et se représenter la coupe de ces organes. L'objet de cet ouvrage est d'exposer les bases et les limites pratiques qui sont indispensables à l'utilisateur pour une bonne pratique de cette méthode chez la truie. Les modifications morphologiques de l'ovaire, de l'utérus au cours de différentes situations physiologiques et pathologiques sont contrôlées par des mécanismes complexes; certains de ces mécanismes sont évoqués de manière volontairement schématique et en insistant sur les interactions fonctionnelles entre ces organes. Dans chaque chapitre, un résumé permettra, en particulier au débutant, de se focaliser sur les points essentiels et les images échographiques les plus marquantes.

La mise au point et le développement de cette méthode ont pu être réalisés grâce au concours de nombreuses personnes et de plusieurs organismes et les auteurs les en remercient vivement.

M^{me} Françoise Chevalier Clément (Institut du Cheval) et M. Yvonnick Forgerit (SEIA) ont participé aux premières tentatives. M. François Bariteau a mis en place un service échographique dans le cadre de la SEIA afin d'acquérir l'expérience pratique indispensable. L'adhésion des éleveurs et le concours enthousiaste du personnel de la SEIA, à ce service, ont permis d'accumuler une masse importante d'informations contrôlées qui constituent la matière de ce livre.

M^{mes} Françoise Berthelot, Hélène Bosc, Huguette Corbé et Odile Moulin et M^m Pierre Desprès, Alain Locatelli (INRA), Franck Paboeuf (CNEVA) ont contribué à la mise en forme de ces informations et aux illustrations. M^m Gérard Paillard (INRA), Bernard Dartigues (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche) ont permis d'extraire d'enregistrements vidéo un certain nombre d'images. Plusieurs stagiaires ont aussi participé à cette aventure : M. Oscar Botero (ITP), M^{mes} Martine Lepercq-Carliet (INRA), Patricia Busserolle-Schmidt (INRA) et Joëlle Bourbigot-Guyot (CEMAGREF).

La région Poitou-Charentes a également soutenu le développement de la méthode (contrats n° 88H0879, 96-RCP-R-79).

Les auteurs tiennent également à remercier l'ensemble des différentes personnes qui ont concouru à la réalisation de ce livre, en particulier M^m Jean-Marie Aynaud, Marc-Antoine Driancourt, Jean-Pierre Signoret (INRA), Philippe Guillouet (SEIA) pour leurs remarques et suggestions et le secrétariat de la PRMD pour la mise en forme du texte.

Enfin, ce livre a pu voir le jour grâce au soutien enthousiaste de M^m Pierre Nolibois (Hoechst Roussel Vet) et Philippe Durand (INRA).

1 : Dumont B.L., 1957. *Nouvelles méthodes pour l'estimation de la qualité des carcasses sur les porcs vivants. Réunion de la F.E.Z. sur l'épreuve de descendance des porcs, Copenhague, cité par P. Sellier, 1986. Amélioration Génétique. In : Le porc et son élevage, bases scientifiques et techniques. J.M. Perez, P. Mornet, A. Rérat (Ed.), Maloine, Paris, p 159-230.*

2 : Bosc M.J., Martinat-Botté F., Nicolle A., 1977. *Comparaison de quelques techniques de diagnostic de gestation chez la truie. Journées Rech. Porcine en France, 9, 39-42.*

3 : Palmer E., Driancourt M.A., 1980. *Use of ultrasonic echography in equine gynecology. Theriogenology, 13, 203-216.*

4 : Inaba T., Nakazima Y., Matsui N., Imori T., 1983. *Early pregnancy in sows by ultrasonic linear electronic scanning. Theriogenology, 20, 97-101.*

5 : Botero O., Martinat-Botté F., Chevalier F., 1984. *Diagnostic précoce de gestation par échographie d'ultrasons. Journées Rech. Porcine en France, 16, 181-188.*

CHAPITRE I

Le principe de l'échographie

CHAPITRE I

Le principe de l'échographie

Plusieurs étapes ont marqué l'évolution de l'échographie (Alais et al., 1979). Vers 1960, les premiers appareils apparaissent pour l'exploration du corps humain. Une amélioration importante de la qualité de l'image est obtenue vers 1980 par concentration du faisceau ultrasonore sur sa cible. Au cours des années 1980 à 1995, les progrès réalisés en technologie des sondes, en électronique et en informatique ont nettement amélioré la qualité de l'imagerie et diminué le poids des appareils. De plus, la miniaturisation des cristaux a permis de proposer des sondes de tailles et de formes adaptées à la plupart des situations. Cependant, quelles que soient les améliorations, une partie des contraintes d'utilisation résultent des phénomènes physiques mis en jeu. C'est pourquoi ce premier chapitre est consacré au principe de l'échographie et aux avantages, limites et artefacts de cette technique.

A - L'onde sonore et la production des ultrasons

(Carniel, 1987 ; Pierson et al., 1988 ; Herring, Gretchen Bjornton, 1985 ; Bouton et al., 1984, Goddard, 1995 ; Cartee, 1995, a)

1. L'onde sonore

L'onde sonore est un phénomène vibratoire et possède comme l'onde lumineuse 3 caractéristiques :

- la vitesse de propagation,
- la fréquence de vibration,
- l'intensité.

Contrairement à l'onde lumineuse, l'onde sonore ne se propage pas dans le vide mais dans les milieux solides, liquides et gazeux. La vitesse de propagation de l'onde est proportionnelle à la densité du milieu traversé. Le Tableau 1 donne quelques exemples de vitesse de propagation de l'onde sonore.

Tableau 1 :

Vitesse de propagation des ondes sonores et densité pour différents milieux

| | VITESSE DE PROPAGATION mètres/seconde | DENSITÉ g/cm ³ |
|------------------|--|------------------------------|
| Air | 331 | 0,0012 |
| Eau | 1 497 | 0,997 |
| Tissu hépatique | 1 570 | 1,055 |
| Tissu musculaire | 1 568 | 1,058 |
| Tissu osseux | 3 360 | 1,85 |

(d'après Moretti, 1982)

L'aptitude d'un milieu à propager les ultrasons est caractérisée par son impédance qui est le produit de la vitesse par la densité du milieu (Tableau 1) ; l'impédance de l'air est plus de mille fois plus faible que celle d'un tissu comme la peau ce qui explique la nécessité d'enduire la sonde d'un gel de contact.

La fréquence de vibration qui représente le nombre d'oscillations par seconde est exprimée en Hertz (Hz). Les ultrasons se situent dans la gamme comprise entre 18 KHz et 150 MHz. En médecine vétérinaire, la gamme des fréquences employées pour les explorations est comprise entre 3,5 et 10,0 MHz.

L'intensité des ultrasons utilisée pour les observations est faible, elle est comprise entre 0,001 et 0,1 Watt/cm². Cette intensité est plus de 100 fois inférieure aux intensités nécessaires en chirurgie, elle est donc sans danger pour l'animal.

Compte tenu de ces intensités et des tissus explorés, la distance de pénétration des ultrasons varie de 4 cm pour une fréquence de 10 MHz à 30 cm pour une fréquence de 1 MHz. Les ultrasons à hautes fréquences ont donc une moins bonne pénétration que ceux à basses fréquences.

Plus la fréquence est élevée, meilleure est la résolution ainsi que la qualité de l'image obtenue. La résolution correspond à la distance minimum séparant 2 points proches

l'un de l'autre, alignés en profondeur ou latéralement qui permet de voir 2 taches distinctes sur l'écran. La résolution axiale est d'environ 0,9 cm pour une fréquence de 3,5 MHz et 0,4 cm pour 7,5 MHz (Legrand et Carlier, 1981).

En conséquence, pour l'exploration d'organes situés à une dizaine de centimètres de profondeur, il est nécessaire d'utiliser des sondes de fréquences moyennes car cela constitue le bon compromis entre résolution et pénétration. Les fréquences de 3,5 et de 5 MHz sont très souvent utilisées chez la truie pour l'exploration de l'appareil génital.

2. La production des ultrasons

La sonde ou transducteur est à la fois émettrice et réceptrice des ondes sonores. Cette double propriété est fondée sur l'effet piézo-électrique mis en évidence par G. Lippmann et par les frères J. et P. Curie. Lorsque les cristaux de quartz ou de céramique contenus dans la sonde sont stimulés électriquement, ils transforment le signal électrique en signal acoustique. L'épaisseur et la surface du cristal conditionnent respectivement la fréquence et le diamètre du faisceau d'ultrasons. Inversement, les échos captés par la sonde exercent une pression sur la face externe du cristal et induisent par effet piézo-électrique, une différence de charge électrique avec la face interne. Cette différence de potentiel est proportionnelle à l'énergie de l'écho et sera analysée ainsi par

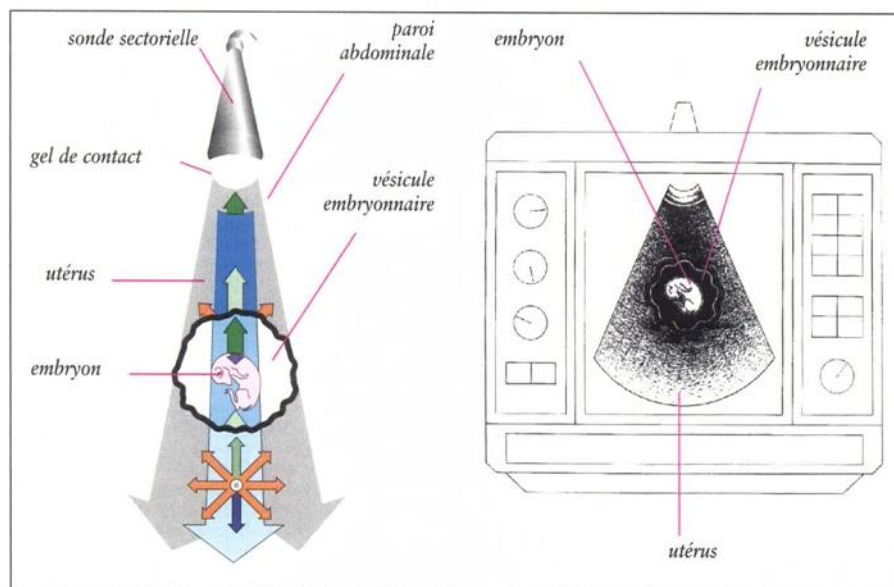


Figure 1 : Principe de la formation des images échographiques - exemple de l'utérus d'une truie gravide. L'exemple présente pour une sonde sectorielle, trois faisceaux d'ultrasons. La formation des échos a été illustrée uniquement pour le faisceau central. Ce faisceau (en bleu) émis par la sonde pénètre dans les tissus. Au cours de son trajet, il perd de l'énergie (de bleu foncé à bleu clair). Seuls les échos dirigés dans l'axe du faisceau (en vert) sont captés par la sonde, les autres (en orange) sont perdus. Les échos ont plus ou moins d'énergie (de vert foncé à vert clair) selon l'impédance du milieu traversé. Ils apparaîtront sur l'écran de l'échographe sous forme de taches plus ou moins blanches ou grises ou noires et plus ou moins grandes.

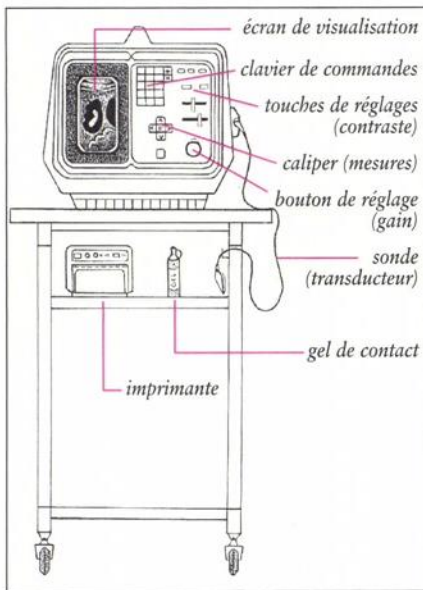


Figure 2 : Principaux composants d'un échographe

l'appareil. Un cristal sera donc, émetteur pendant un temps très court de l'ordre de la microseconde et récepteur pendant un temps plus long, voisin d'une milliseconde.

3. La formation des échos

L'onde sonore ainsi projetée se propage dans un premier milieu, elle dissipe une partie de son énergie dans ce milieu, par absorption, puis rencontre l'interface avec un second milieu.

Une partie est alors réfléchi et constitue le premier écho (Figure 1). L'énergie sonore réfléchi dépendra des vitesses de propagation de l'onde sonore et des différences de densité entre les 2 milieux (Figure 1). La réflexion est importante lors d'un transit entre un tissu mou et l'os et elle est quasi totale lors du passage entre l'air et un tissu mou. Ceci explique pourquoi il faut éviter les bulles d'air entre la sonde et la peau et appliquer un gel.

Le reste de l'onde sonore est transmis dans le 2ème milieu, une partie est absorbée avant de rencontrer un nouveau milieu, l'interface génère un nouvel écho et ainsi de suite (Figure 1). Les échos rendent donc compte de la discontinuité des tissus traversés. Les différents échos sonores reviennent vers la sonde dans l'ordre de leur émission et cela quelle que soit la distance à parcourir. L'intervalle de temps entre l'onde émise et l'écho dépend de la distance entre la source et l'interface qui produit l'écho. Toutefois, pour que les échos soient captés par la sonde, il faut que l'angle entre l'onde sonore incidente et l'interface soit proche de 90°. Ainsi, plus le faisceau incident est perpendiculaire à l'interface, plus nom-



Figure 3 : Quelques appareils utilisés pour l'examen échographique chez la truie

breux sont les échos et meilleure est la qualité de l'image.

Les cristaux contenus dans la sonde vont capter ces échos successifs qui varient en intensité et permettre, après traitement de ces signaux, de visualiser les discontinuités entre les tissus et de donner une vue en coupe des organes situés sous la sonde.

L'image obtenue sur l'écran (Figure 1) est un plan de coupe qui respecte la taille et la forme des tissus observés, d'où le terme parfois utilisé d'échotomographie. La qualité de l'image dépend aussi du temps qu'il faut pour la construire et de la résolution de l'écran.

B - Les matériels

1. L'échographe

L'échographe se compose d'une sonde ou transducteur, d'un boîtier électronique, d'un clavier de commandes et d'un moniteur muni d'un écran de visualisation (Figures 2 et 3). Le poids de l'ensemble peut atteindre 60 kg et plus. Le poids des appareils couramment utilisés en élevage est compris entre 4 et 15 kg, certains sont équipés d'une batterie. La sonde comprend un ou plusieurs cristaux piézo-électriques. Le boîtier électronique est équipé d'un système d'amplification et de traitement des échos. C'est sur l'écran cathodique du moniteur qu'apparaît une vue en coupe des organes situés directement sous la sonde.

La sonde et le câble qui la relie au système de traitement et de visualisation sont les parties fragiles de cet équipement. Les appareils les plus récents sont munis de

nombreuses fonctions; cependant l'opérateur utilise surtout les réglages de gain, de contraste de luminosité et la fonction de mesure de longueur et de surface d'une partie de l'image (caliper).

Parmi les équipements complémentaires, un magnétoscope et/ou une imprimante sont très utiles, car ils permettent de conserver des images et donc de pouvoir discuter avec un spécialiste de celles qui posent un problème d'interprétation. Cependant, un magnétoscope présente l'avantage d'enregistrer toute une séquence d'images. Avec une imprimante, il est plus difficile de garder la bonne image.

2. Les différentes sondes

(Carniel, 1987 ; Goddard, 1995 ; Cartee, 1995, b)

Différents types de sondes existent ; elles diffèrent soit par la fréquence soit par la forme. Les sondes qui sont présentées à la Figure 4 sont à usage externe ou interne. Il existe des sondes spécialisées qui sont développées pour l'exploration de nombreux organes en médecine humaine. En médecine vétérinaire, des sondes linéaires et des sondes sectorielles sont le plus souvent utilisées.

Les barrettes des sondes linéaires sont de forme rectangulaire. Un dispositif électronique permet successivement à chaque cristal d'émettre des ultrasons et de recueillir des échos. L'image obtenue sur l'écran, grâce à ce balayage, est rectangulaire, elle a la largeur de la barrette et représente sans déformation les organes situés directement sous la sonde. De plus, cette image est fine et sans perte d'information, en particulier sur ses bords.

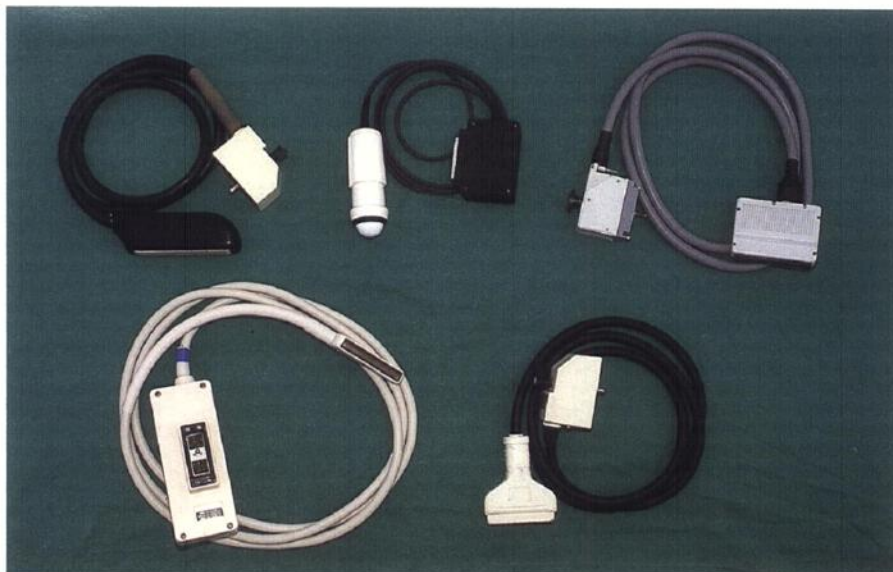


Figure 4 : *Quelques sondes utilisées chez la truie principalement par voie externe*
 La sonde située au centre de la 1ère rangée est une sonde sectorielle de fréquence de 5 MHz, les autres sont des sondes linéaires de 5 MHz.



Figure 5 : *Examen échographique effectué à l'extérieur dans un réfectoire*
 On notera la poche qui protège le câble de la sonde et un cache entourant l'écran pour améliorer la visualisation des images. Cliché Jean-Francis Bussière (INRA-SEIA)



Figure 6 : *L'équipement nécessaire à la réalisation de l'échographie chez la truie*
 Le matériel a été disposé sur une brouette. Sur cette dernière, à côté de la cotte et de l'échographe portable, remarquez la longue gaine de polyéthylène pour protéger le câble, la paire de gants, le gel et un rouleau de papier.



Figure 7 : *Introduction d'une sonde linéaire et de son câble dans une poche de protection en polyéthylène*

Du gel a été au préalable introduit au fond de la poche pour assurer un bon contact avec la barrette et la poche. Cliché Jean-Francis Bussière (INRA-SEIA)

Les sondes sectorielles sont de forme ronde, équipées d'un ou plusieurs cristaux qui sont animés mécaniquement ou électronique-ment. Le mouvement est oscillant s'il y a un seul cristal dans la sonde ou rotatif s'il y a plusieurs cristaux. Ces sondes sectorielles génèrent des images dont le champ d'exploration correspond à un secteur d'angle. L'angle d'ouverture est compris entre 30° et 110°. Cela offre l'avantage de balayer une petite surface de contact qui s'élargit en profondeur, mais présente l'inconvénient de déformer légèrement l'image. Il y a aussi une perte d'information sur les bords du faisceau ultrasonore. Avec ce type de sonde, des réglages plus fréquents sont nécessaires selon la profondeur du champ exploré.

3. L'équipement nécessaire à la réalisation de l'échographie chez la truie

L'exploration échographique chez la truie ne nécessite aucune préparation particulière. La majorité des échographies est réalisée par voie externe. Les soies sont peu gênantes pour visualiser l'appareil génital car elles sont situées souvent en avant de la zone d'exploration.

Au moment de l'examen, l'animal debout doit être calme et accessible. Si la truie est en liberté, elle est introduite dans une cage ou dans un réfectoire (Figure 5). Lorsque la truie est à l'attache, l'échographie est possible immédiatement. Si la femelle est agitée, il est bon de lui donner un peu de nourriture pour la distraire et la calmer.

Les précautions sanitaires habituelles lors d'intervention en élevage porcin doivent être prises par l'opérateur : bottes et combinaison, désinfection des mains, protection des bras et des mains par des gants. L'échographe est désinfecté. Le matériel nécessaire à la réalisation de l'échographie est installé, le plus souvent, pour des raisons de commodité, sur une brouette (Figure 6).

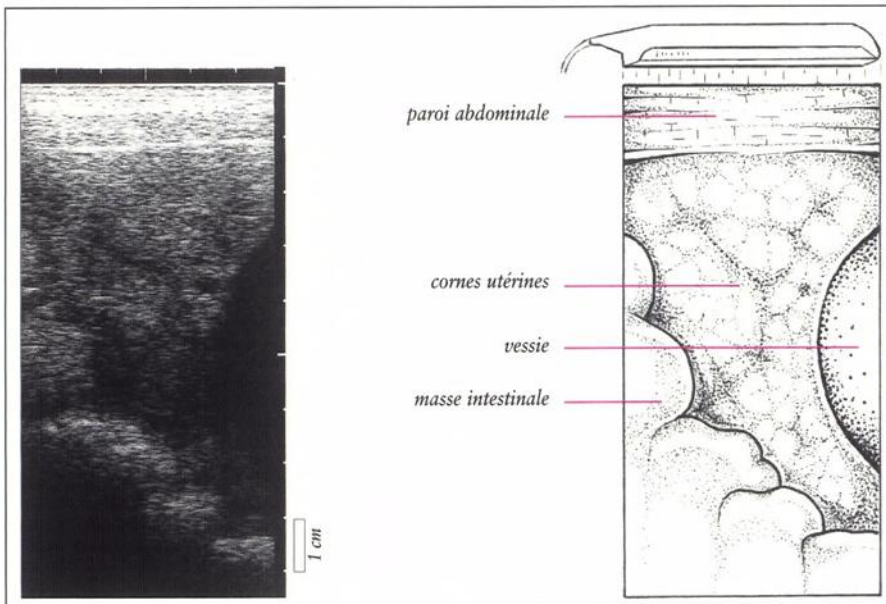


Figure 8 : Exemple d'une image échographique avec une sonde linéaire de fréquence de 5 MHz. L'image obtenue est rectangulaire. L'urine contenue dans la vessie ne réfléchit pas les ultrasons et donne une image anéchogène. Par contre, les cornes utérines, réfléchissent les ultrasons et donnent des images échogènes.

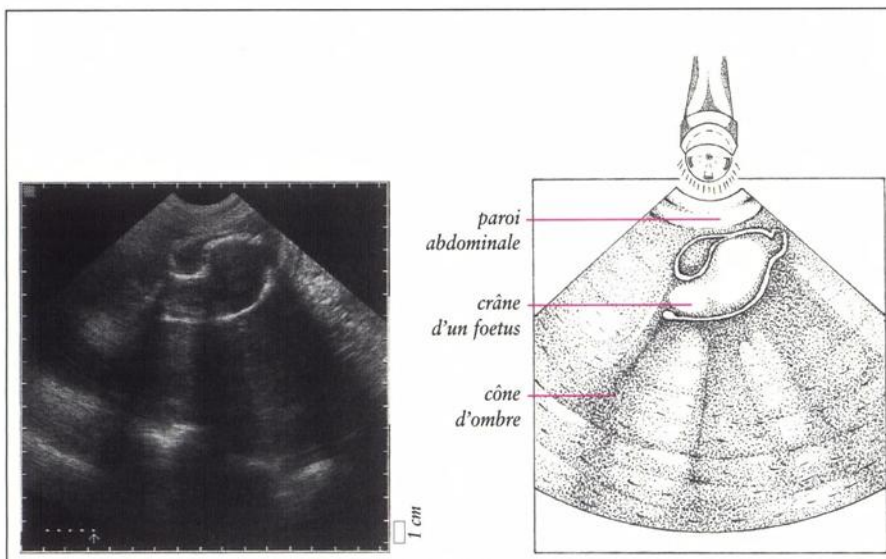


Figure 9 : Exemple d'une image échographique avec une sonde sectorielle de fréquence de 5 MHz. L'image obtenue a la forme d'un secteur. Les cornes utérines, le crâne du fœtus, réfléchissent les ultrasons et donnent des images échogènes.

La sonde est recouverte, au niveau de la partie émettrice, d'un gel de contact. Même si l'échographie est réalisée par voie externe, la sonde et le câble sont introduits dans une longue gaine en polyéthylène pour des raisons sanitaires (Figure 7). Un gel de contact est étendu sur la poche de plastique, au niveau de la partie émettrice, avant d'appliquer fermement la sonde sur la peau de l'animal. De cette façon, la présence d'air entre la peau et la sonde est évitée, ce qui nuirait à la qualité de l'image (formation d'échos parasites). On fait ensuite varier l'angle d'incidence des ultrasons, sans lever la sonde, de façon à balayer la cavité abdominale. Il est conseillé de faire

l'échographie dans la pénombre. Lorsque l'exploration est réalisée à l'extérieur d'un bâtiment, il est préférable de préserver l'écran à l'aide d'un cache comme on peut le voir sur la Figure 5. L'opérateur est ainsi moins gêné par les reflets, les contrastes sont mieux perçus et l'interprétation des images s'en trouve facilitée.

A la fin des examens, le manchon de plastique est jeté. La sonde, le câble, l'appareil sont nettoyés et désinfectés à nouveau. Ces opérations sont indispensables pour éviter que cette technique soit le vecteur de maladies.

4. Les précautions d'utilisation

En plus des recommandations faites par le fabricant, des précautions supplémentaires doivent être prises, compte tenu de l'utilisation en élevage et du transport du matériel. Une caisse spécialement aménagée pour l'échographe et la sonde est conseillée pour les déplacements. Pour éviter toute poussière et toute condensation à l'intérieur de l'échographe, le stockage du matériel est à réaliser dans un endroit sec, propre et sans grandes variations de température.

C - Les avantages et les limites de l'échographie

Les avantages et les inconvénients décrits ci-dessous s'appliquent à tous les types d'animaux et en particulier à la truie.

1. Les avantages

Les examens sont indolores et inoffensifs aux intensités et fréquences où les ultrasons sont utilisés : ils ne brûlent pas et n'irritent pas et peuvent être répétés autant de fois que nécessaire. Ils ne sont pas invasifs et n'entraînent pas de risque d'avortement chez la femelle gravide. Le résultat est immédiat. Leur très large utilisation en médecine humaine est garante de l'absence de risque pour l'animal et l'opérateur.

2. Les limites

En pratique, les réactions de l'animal constituent le principal facteur limitant. En effet, lorsque la truie est agitée, il est parfois difficile de positionner la sonde au bon endroit. De plus, la présence de souillures et d'air emmagasiné dans les soies empêche le contact avec la sonde et le passage des ultrasons. Il suffit de nettoyer et d'enduire abondamment la zone à examiner de gel transmetteur d'ultrasons. En outre, il est plus difficile d'examiner des animaux gras que des animaux maigres.

D - L'interprétation des images échographiques

Le contraste de l'image est proportionnel à l'amplitude de l'écho reçu. L'image sera d'autant plus brillante sur l'écran, que les impédances acoustiques des 2 milieux formant l'interface rencontrée seront différentes (Carniel, 1987).

A l'intérieur d'un liquide homogène, le faisceau d'ultrasons subit peu de modifications. Ces zones donneront des images anéchogènes (sans écho) donc noires ou très foncées (Figure 8).

C'est le cas, par exemple, de l'urine contenue dans la vessie, du liquide amniotique entourant l'embryon et du sang. Lorsque le liquide contient des particules en suspension, celles-ci forment sur l'écran des petites taches plus ou moins échogènes et mobiles. Les tissus mous comme par exemple l'utérus constituent des zones échogènes qui apparaissent selon leur densité en gris plus ou moins foncé (Figure 8 et 9).

Les os et les cartilages se comportent vis à vis des ultrasons comme des barrières réfléchissant quasiment toute l'énergie sonore. Ces structures solides sont donc hyperéchogènes et donnent des taches blanches sur l'écran (Figure 9). Les gaz engendrent une réponse analogue à celle des structures solides.

E - Artefacts

Les artefacts sont des points en général très brillants ou très sombres sur l'image et qui ne correspondent pas à l'échostructure normale des organes étudiés. Ce sont des défauts dans l'image échographique qu'il faut savoir reconnaître pour éviter les erreurs d'interprétation (Carniel, 1987 ; Pierson *et al.*, 1988 ; Cartee, 1995, a ; Herring, Gretchen Bjornton, 1985).

Les artefacts les plus fréquents sont : un mauvais contact, un déplacement des échos, un mauvais réglage de l'appareil, des interférences, une réverbération, une mauvaise incidence, des cônes d'ombre et un renforcement postérieur. Ils ne sont pas spécifiques de l'observation du tractus génital, nous verrons plus loin ceux qui lui sont propres.

1. Mauvais contact

Ceci se traduit sur l'image par des zones d'ombre plus ou moins importantes. Ce mauvais contact provient souvent d'éléments étrangers qui s'interposent entre la peau de l'animal et la sonde. C'est le cas de l'air, des poils et de souillures diverses. Pour améliorer le contact, il faut enduire abondamment la sonde de gel transmetteur d'ultrasons et après avoir, si nécessaire, nettoyé la zone souillée.

2. Déplacement des échos

Des lignes horizontales et une discontinuité de l'image apparaissent (Figure 10). Cela résulte du déplacement de la sonde provoqué par les mouvements de truies agitées. Pour y remédier, l'apport de nourriture peut calmer la truie.

3. Mauvais réglage de l'échographe

Il n'est pas observé d'échos en profondeur. Cet artefact correspond à une atténuation presque complète de l'onde sonore en profondeur. Réciproquement, une amplification trop importante du faisceau ultrasonore entraîne une saturation de la partie supérieure de l'image. Cela peut être dû à un défaut dans le réglage du gain. De plus, le réglage mal équilibré des contrastes empêche de distinguer les nuances de gris et donc les différentes structures.

4. Interférences

Cet artefact provoque des lignes verticales discontinues sur l'écran. Elles peuvent provenir d'un mauvais réglage de l'appareil, de parasites liés au fonctionnement de plusieurs appareils branchés sur la même ligne électrique (Figure 11).

5. Réverbération

Ce sont des échos de répétition. Ils sont dus à l'effet "rebond" de l'onde ultrasonore. Ils se produisent lorsque l'interface est hautement réfléchissante, os et gaz par exemple. Ces échos de répétition peuvent aussi se produire lorsque l'interface est très proche de la sonde.

6. Mauvaise incidence

Les contours de l'image sont flous (Figure 12). Cet artefact peut être évité. Il faut positionner la sonde le plus perpendiculairement possible par rapport à l'organe à explorer, ceci pour que la sonde reçoive le maximum d'échos réfléchis et ainsi éviter une perte d'informations.

7. Cône d'ombre

Une zone d'ombre apparaît après réflexion et/ou absorption complète des ultrasons. Ce phénomène se produit souvent en arrière des os. Par exemple, les côtes vues en coupes transversales provoquent des cônes d'ombre très caractéristiques (cf. Chapitre V, Figure 43).

8. Renforcement postérieur

Immédiatement sous une poche de liquide, l'échogénéité des tissus est très importante par rapport aux tissus environnants en raison de la forte différence d'impédance. C'est le cas de l'urine contenue dans la vessie (Figure 13).

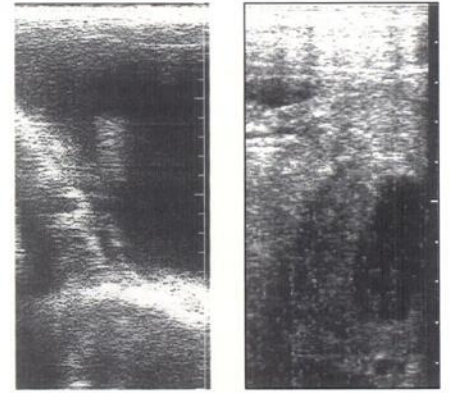


Figure 10 : (à gauche)

Artefacts - Déplacement des échos

Les contours de la vessie urinaire sont épais, discontinus et flous en raison du déplacement des échos.

Figure 11 : (à droite)

Artefacts - Interférences

L'image est constellée de points brillants lui donnant une apparence "neigeuse".

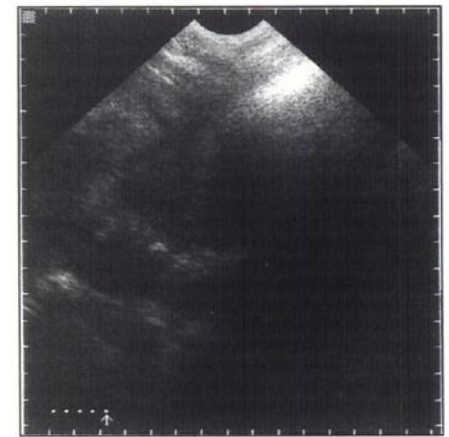


Figure 12 : *Artefacts - Mauvaise incidence*

Les contours sont flous et à peine visibles, l'image est inexploitable.

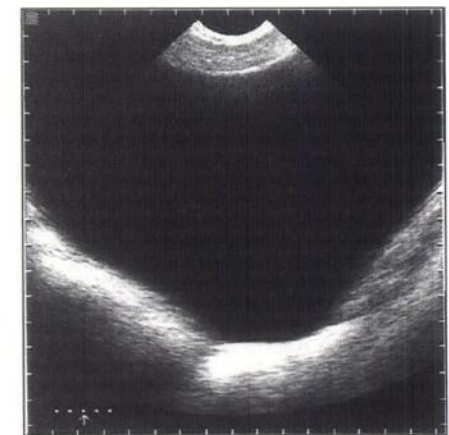


Figure 13 : *Artefacts - Renforcement postérieur.*

Vessie volumineuse de truie qui empêche la visualisation de l'utérus

L'image de la masse intestinale au contact d'une vessie urinaire très volumineuse est anormalement brillante (hyperéchogène) et pratiquement blanche.