




OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible

This is an author's version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/> 25407

To cite this version:

Durand, Marion . *Échographie de la mamelle et du trayo*. Thèse d'exercice, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, 2018, 69 p.

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr

ECHOGRAPHIE DE LA MAMELLE ET DU TRAYON CHEZ LES RUMINANTS

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par

DURAND Marion

Née, le 17 janvier 1992 à TOULOUSE (31)

Directeur de thèse : M. Renaud MAILLARD

JURY

PRESIDENT :

Mme Isabelle BERRY

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :

M. Renaud MAILLARD

M. Giovanni MOGICATO

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

REPARTITION DES ENSEIGNANTS PAR GRADE

(Mise à jour : 07/09/2018)

DIRECTRICE : ISABELLE CHMITELIN

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE (6)

Mme	CLAUW Martine	SECTION C.N.E.C.A. N° 8	
M.	CONCORDET Didier		3
M.	DELVERDIER Maxence		7
M.	ENJALBERT Francis		6
M.	PETIT Claude		1
M.	SHELCHER François		8

PROFESSEURS 1° CLASSE (17)

M	BAILLY Jean-Denis		4
M.	BERTAGNOLI Stéphane		1
M.	BERTHELOT Xavier		6
M.	BOUSQUET-MELOU Alain		7
M.	BRUGERE Hubert		10
Mme	CADIERGUES Marie-Christine		8
Mme	CHASTANT-MAILLARD Sylvie		6
M.	DUCOS Alain		6
M.	FOUCRAS Gilles		8
Mme	GAYRARD-TROY Véronique		7
M	GUERIN Jean-Luc		6
Mme	HAGEN-PICARD Nicole		6
M.	JACQUIET Philippe		8
M.	LEFEBVRE Hervé		7
M.	MEYER Gilles		8
M.	SANS Pierre		6
Mme	TRUMEL Catherine		7

PROFESSEURS 2° CLASSE (7)

Mme	BOULLIER Séverine		1
Mme	BOURGES-ABELLA Nathalie		7
M.	GUERRE Philippe		7
Mme	LACROUX Caroline		7
M.	MAILLARD Renaud		8
M	MOGICATO Giovanni		7
Mme	LETRON-RAYMOND Isabelle		7

PROFESSEUR CERTIFIÉ (P.C.E.A.)

Mme	MICHAUD Françoise, Professeur d'Anglais
M.	SEVERAC Benoît, Professeur d'Anglais

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE (11)

M.	BERGONIER Dominique		6
Mme	DIQUELOU Armelle		8
M.	JAEG Jean-Philippe		7
M.	JOUGLAR Jean-Yves		8
M.	LYAZRHI Faouzi		3
M.	MATHON Didier		8
Mme	MEYNADIER Annabelle		6
Mme	PRIYMENKO Nathalie		6
M.	RABOISSON Didier		6
M	VERWAERDE Patrick		8
M.	VOLMER Romain		1

MAITRES DE CONFERENCES classe normale (24)

M.	ASIMUS Erik		8
Mme	BENNIS-BRET Lydie		7
Mme	BIBBAL Delphine		4
Mme	BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle		1
Mme	BOUHSIRA Emilie		8
M	CONCHOU Fabrice		8
M	CORBIERE Fabien		8
M.	CUEVAS RAMOS Gabriel		8
Mme	DANIELS Hélène		1
Mme	DAVID Laure		4
Mlle	DEVIERS Alexandra		7
M.	DOUET Jean-Yves		8
Mme	FERRAN Aude		7
Mme	LALLEMAND Elodie		8
Mme	LAVOUE Rachel		8
M.	LE LOC'H Guillaume		8
M	LIENARD Emmanuel		8
Mme	MILA Hanna		6
Mme	MEYNAUD-COLLARD Patricia		8
M.	NOUVEL Laurent		6
Mme	PALIERNE Sophie		8
Mme	PAUL Mathilde		6
M.	VERGNE Timothée		7
Mme	WARET-SZKUTA Agnès		6

A.E.R.C. (6)

Mme	BLONDEL Margaux		8
M.	CARTIAUX Benjamin		7
M.	COMBARROS-GARCIA Daniel		8
Mme	COSTES Laura		4
M.	GAIDE Nicolas		7
M.	JOUSSERAND Nicolas		8

MAITRES DE CONFERENCES CONTRACTUEL (2)

Mme	DORE-BORDE Laura		8
M.	LEYNAUD Vincent		8

REMERCIEMENTS

À ma présidente de thèse,

Madame la professeur Isabelle BERRY

Professeur des Universités à l'Université Paul Sabatier de Toulouse

Praticien hospitalier

Biophysique, Imagerie Médicale

Qui me fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse. Hommages respectueux.

À mon directeur de thèse,

Monsieur le professeur Renaud MAILLARD

Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Pathologie des Ruminants

Qui a accepté d'encadrer cette thèse et m'a guidée tout au long de sa réalisation. Qu'il trouve ici toute l'expression de ma gratitude, pour sa disponibilité, son aide, et ses conseils précieux.

À mon second assesseur,

Monsieur le professeur Giovanni MOGICATO

Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Anatomie, Imagerie Médicale

Qui me fait l'honneur d'avoir accepté le rôle d'assesseur de cette thèse. Sincères remerciements.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	11
1. ÉCHOGRAPHIE DE LA MAMELLE ET DU TRAYON CHEZ LES RUMINANTS : ÉTUDE THÉORIQUE.....	12
1.1. ANATOMIE DE LA MAMELLE ET DU TRAYON DES RUMINANTS.....	12
1.2. L'ÉCHOGRAPHIE.....	19
1.2.1 Bases physiques de l'échographie : interactions entre son et matière.....	19
1.2.2 Formation de l'image échographique.....	22
1.2.3 Artefacts.....	25
1.2.4 Choix de la sonde et réglages.....	28
1.3. TECHNIQUE D'EXAMEN ÉCHOGRAPHIQUE DE LA MAMELLE ET DU TRAYON	30
1.4. ASPECT ÉCHOGRAPHIQUE DE LA MAMELLE ET DU TRAYON SAINS.....	32
1.5. IMAGES ÉCHOGRAPHIQUES DE LÉSIONS.....	36
1.5.1 Absès.....	36
1.5.2 Hématome.....	38
1.5.3 Mammite.....	39
1.5.4 Corps étranger.....	47
1.5.5 Sténoses et obstructions du trayon.....	47
1.5.6 Varice du trayon.....	50
1.5.7 Trayon surnuméraire, trayon accessoire et fistule du trayon.....	52
2. APPORT PRATIQUE DE L'ÉCHOGRAPHIE : CAS CLINIQUE.....	54
2.1. Matériel et méthodes.....	54
2.2. Cas d'une mammite avec abcès multiples.....	55
3. DISCUSSION.....	59
CONCLUSION.....	63
BIBLIOGRAPHIE.....	65

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Conformation extérieure du pis de vache. (Pommier 2009)	12
Figure 2 : Appareil suspenseur et revêtement cutané du pis. (Pavaux 2001)	13
Figure 3 : Conformation interne du pis. (Pavaux 2001)	14
Figure 4 : Lobes, lobules et alvéoles mammaires. (Pavaux 2001)	14
Figure 5 : Lobule mammaire. (Pavaux 2001).....	15
Figure 6 : Anatomie du trayon. (Couture et Mulon 2005).....	16
Figure 7 : Irrigation artérielle du pis. (Pavaux 2001)	17
Figure 8 : Drainage veineux du pis. (Pavaux 2001)	18
Figure 9 : L'onde sonore. (Herring et Bjornton 1985)	20
Figure 10 : Relation entre vitesse, longueur d'onde et fréquence. (Mattoon et Nyland 2015).....	20
Figure 11 : Réflexion et réfraction du faisceau incident à différentes interfaces entre des milieux d'impédance Z. (adapté de Herring et Bjornton 1985).....	21
Figure 12 : La dispersion (Barrie Smith et Webb 2011)	22
Figure 13 : Principe du mode BD (bidimensionnel) à temps réel. (Flöck et Winter 2006).....	23
Figure 14 : Nuances de gris et échogénéicité des milieux.....	23
Figure 15 : Principe du Doppler. (Mattoon et Nyland 2015)	24
Figure 16 : Échographie Doppler d'une mamelle de vache. (Image échographique issue de l'Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT et schéma d'après Mattoon et Nyland 2015).....	24
Figure 17 : Artefact de réverbération. (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT).....	25
Figure 18 : Cône d'ombre. (Franz et al. 2009)	26
Figure 19 : Ombres de bord. (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)	27
Figure 20 : Renforcement postérieur. (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)	27
Figure 21 : Image en miroir. (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)	28
Figure 22 : Sonde linéaire (A) et convexe (B). (Mattoon et Nyland 2015).....	28
Figure 23 : Technique d'examen échographique de la mamelle par contact direct.....	30
Figure 24 : Technique d'examen échographique du trayon par immersion.	31
Figure 25 : Image échographique de l'appareil suspenseur du pis d'une chèvre en lactation (sonde convexe, 5MHz, contact direct, coupe horizontale). (Adam et al. 2017).....	32
Figure 26 : Image échographique du parenchyme glandulaire mammaire d'une vache (sonde convexe, 4.3 MHz, contact direct, coupe transversale, mode BD combiné au mode Doppler). (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)	33
Figure 27 : Image échographique de la citerne glandulaire d'une vache (sonde convexe, 4.3 MHz, contact direct, coupe longitudinale). (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT).....	34
Figure 28 : Image échographique de la base d'un trayon de vache (sonde convexe, 6.6 MHz, contact direct, coupe longitudinale). (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)	34
Figure 29 : Aspect échographique d'un trayon de vache (sonde convexe, 6.6 MHz, technique par immersion, coupe longitudinale). (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)	35
Figure 30 : Abscès de mamelle, ici sur le quartier caudal gauche (flèche). (Divers et al. 2007).....	36
Figure 31 : Aspect échographique d'un abcès de mamelle de vache. (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT).....	37
Figure 32 : Aspect échographique d'un abcès dans la paroi du trayon d'une chèvre. (Fasulkov et al. 2014).....	37
Figure 33 : Aspect échographique d'un hématome de mamelle de vache. (Flöck et Winter 2006).....	38
Figure 34 : Aspect échographique d'un quartier de vache atteinte de mammite. (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)	40
Figure 35 : Aspect échographique d'un quartier de vache atteinte de mammite avec œdème sous-cutané. (Flöck et Winter 2006).....	41

Figure 36 : Aspect échographique d'un quartier de vache atteinte de mammite avec présence de gaz. (Flöck et Winter 2006)	41
Figure 37 : Aspect échographique d'un quartier de vache atteinte de mammite à <i>A. pyogenes</i> . (Flöck et Winter 2006).....	42
Figure 38 : Aspect échographique d'un trayon de vache avant et après infusion d'ovalbumine. (Rainard et al. 2015).....	43
Figure 39 : Aspect échographique d'une mammite à <i>S. aureus</i> chez une brebis. (Ismail et al. 2016) .	44
Figure 40 : Aspect échographique d'un trayon de chèvre 72h après infection par <i>S. aureus</i> . (Fasulkov et al. 2015).....	45
Figure 41 : Aspect échographique d'une mammite chronique chez une chèvre. (Fasulkov et al. 2014)	45
Figure 42 : Évolution de l'aspect échographique de la mamelle et du trayon d'une vache atteinte de mammite à <i>S. aureus</i> . (Staub et al. 2013)	46
Figure 43 : Aspect échographique d'un corps étranger dans une mamelle de vache. (Franz et al. 2009)	47
Figure 44 : Aspect échographique d'une sténose dans la partie distale d'un trayon de vache. (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)	48
Figure 45 : Aspect échographique de lésions de la rosette de Furstenberg et du conduit papillaire de trayons de vaches. (Condino et al. 2010)	49
Figure 46 : Aspect échographique de sténose de trayon de vache due à une prolifération tissulaire, ici un papillome (><). (Franz et al. 2009)	49
Figure 47 : Aspect échographique d'un caillot de lait bloquant l'écoulement du lait dans la citerne papillaire. (Franz et al. 2009)	50
Figure 48 : Schéma de varice du trayon. (Lardé et al. 2013).....	50
Figure 49 : Varice à la base d'un trayon de vache. (Lardé et al. 2013).....	51
Figure 50 : Images échographiques de varices du trayon. (A) Vaisseaux dilatés (v) obstruant en partie la citerne papillaire (teat cistern) (Lardé et al. 2013, Couture et Mulon 2005)	51
Figure 51 : Trayon accessoire sur une vache laitière. (Fubini et Ducharme 2004)	52
Figure 52 : Fistule sur un trayon de vache laitière. (Divers et al. 2007).....	53
Figure 53 : Aspect échographique d'un trayon accessoire de vache. (Vasanth et al. 2018).....	53
Figure 54 : Échographe Esaote MyLab TM Five associé à une sonde convexe. (https://www.esaote.com)	54
Figure 55 : Aspect échographique du quartier atteint. (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT) .	56
Figure 56 : Aspect échographique d'un des abcès mammaires. (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT).....	57
Figure 57 : Aspect échographique d'un quartier non touché. (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT).....	57
Figure 58 : Radiographie de contraste d'un quartier et d'un trayon sains. (Couture, Mulon 2005).....	60
Figure 59 : Endoscopie du trayon par voie latérale (A) et visualisation du la rosette de Fürstenberg (B). (Geishauser et al. 2005)	60
Figure 60 : Comparaison de la sensibilité de différentes méthodes de diagnostic de sténose du trayon en fonction de la localisation de la sténose, d'après des résultats de Kiossis (2000) et de Stocker et al. (1989). (Frémont et al. 2002)	61

TABLE DES ABRÉVIATIONS

°C : degré Celsius
 λ : longueur d'onde
A. : artère
A. pyogenes : *Arcanobacterium pyogenes*
A (mode) : mode amplitude
B (mode) : mode brillance
BD (mode) : mode bidimensionnel
c : vitesse du son
cm : centimètres
CMT : California Mastitis Test
CNIEL : Centre national interprofessionnel de l'économie laitière
cran. : Crânial
dB : décibel
dors. : dorsal
ENVT : École Nationale Vétérinaire de Toulouse
F : fréquence
Fig. : Figure
Hz : hertz
kg : kilogrammes
Lig. : Ligament
m : mètres
mamm. : mammaire
Mm : muscles
MHz : mégahertz
Nll : nœuds lymphatiques
P. : partie
pud. : pudendo
R. : rameau
s : seconde
S. aureus : *Staphylococcus aureus*
TGC : Time Gain Compensation
TM (mode) : mode temps-mouvement
V. : Veine
Z : impédance acoustique

INTRODUCTION

En 2017, la filière laitière française a généré 30 milliards d'euros de chiffre d'affaire et pas loin de 300 000 emplois directs, pour un cheptel d'environ 5 millions de ruminants laitiers (CNIEL 2017). C'est donc une filière importante, et tout ce qui peut avoir un impact sur la quantité mais surtout la qualité du lait produit est surveillé de près.

Le pis des ruminants est constitué de mamelles, sièges de la production laitière, et de trayons, voies d'éjection du lait. Les affections de la mamelle et du trayon, en particulier les mammites et les obstructions des trayons, entraînent une baisse de la production laitière et un lait de moins bonne qualité qui sera moins bien payé. Elles engendrent aussi des frais vétérinaires et provoquent parfois la réforme prématurée des animaux. À titre d'exemple, les mammites engendrent en moyenne une perte de 230€ par vache et par an (Rivière et al. 2013). L'état de la mamelle est donc étroitement lié à la santé économique des élevages laitiers.

Dans ce contexte, des moyens diagnostiques et pronostiques fiables, rapides et non invasifs sont des outils précieux dans la lutte contre les pathologies mammaires.

Il se trouve que l'échographie, technique d'imagerie utilisant les propriétés des ondes ultrasonores, remplit parfaitement ces critères. Les échographes légers et portables maintenant disponibles rendent d'autre part cet outil aisément utilisable au quotidien, sur le terrain, au pied de l'animal (Scott et Sargison 2010). Tous ces avantages en font un moyen diagnostique aujourd'hui largement utilisé en médecine vétérinaire rurale. Bien que les vétérinaires ruraux l'utilisent principalement dans la gestion de la reproduction, l'échographie a aussi fait ses preuves en médecine interne, dans le diagnostic de réticulo-péritonite traumatique, de lipidose hépatique, d'épanchement pleural ou d'endocardite par exemple (Streeter et Step 2007).

Ce travail propose de présenter et d'illustrer la contribution de l'échographie au diagnostic et au pronostic des affections non cutanées de la mamelle et du trayon chez les ruminants.

En premier lieu, nous décrirons l'anatomie de la mamelle et du trayon et le principe de l'échographie, bases indispensables à la compréhension des images échographiques.

Après une explication des aspects pratiques de l'examen échographique du pis chez les ruminants, nous détaillerons d'abord l'aspect échographique de la mamelle et du trayon sains pour ensuite proposer une revue des affections non cutanées qui les concernent et décrire les images échographiques associées.

Enfin, un cas clinique issu de la clinique des ruminants de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse illustrera l'utilisation de l'échographie lors de pathologie de la mamelle.

1. ÉCHOGRAPHIE DE LA MAMELLE ET DU TRAYON CHEZ LES RUMINANTS : ÉTUDE THÉORIQUE

1.1. ANATOMIE DE LA MAMELLE ET DU TRAYON DES RUMINANTS (Pavaux 2001; Barone 2001)

Conformation du pis

La mamelle est une glande tégumentaire sécrétant le lait. La vache possède quatre mamelles accolées en région inguinale, appelées quartiers et formant le pis. Le pis est divisé par un sillon intermammaire, qui sépare les quartiers droits et gauches.

Chaque quartier est composé d'un corps et d'un trayon (ou papille), s'ouvrant sur un unique orifice papillaire par lequel s'écoule le lait (Fig. 1). Les trayons surnuméraires sont assez fréquents, souvent rudimentaires et plutôt caudaux aux trayons principaux chez la vache.

Chez la chèvre, le pis est composé de deux mamelles. Il est plutôt allongé et pendulaire, avec des trayons volumineux et coniques, pointant vers l'avant. Deux trayons surnuméraires, bien plus petits, sont généralement présents devant la base du pis.

Le pis de la brebis comporte lui aussi deux mamelles, séparées par un sillon intermammaire profond. Les trayons sont courts, latéraux et pointent vers l'arrière. Les trayons surnuméraires sont rares.

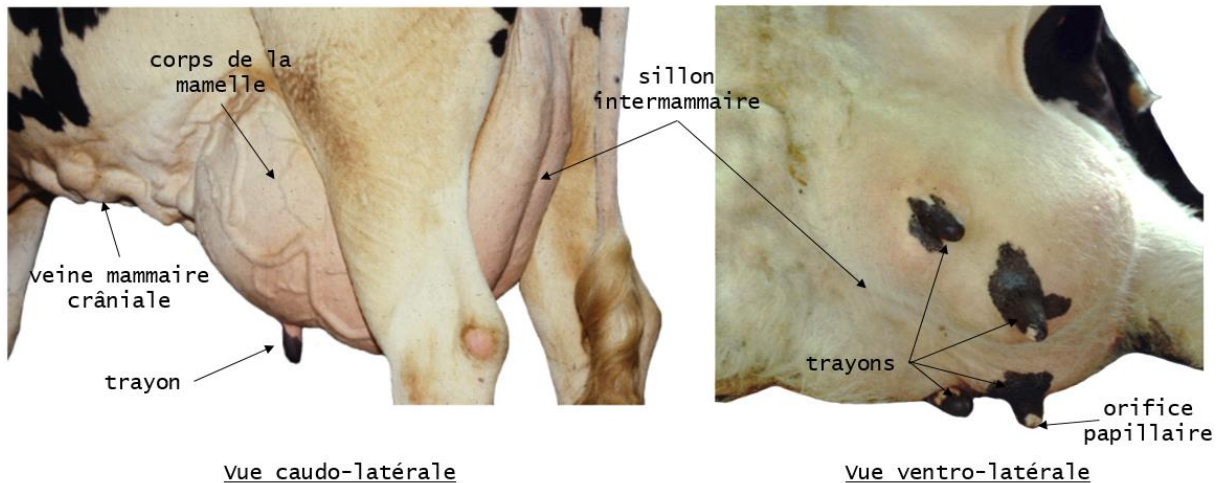


Figure 1 : Conformation extérieure du pis de vache. (Pommier 2009)

Le pis est recouvert d'une peau mince et peu adhérente. Un tissu conjonctif, absent au niveau des trayons, sépare les lames latérales de la peau. Les corps graisseux supramammaires contiennent les nœuds lymphatiques inguinaux superficiels (nœuds lymphatiques mammaires), par lesquels passent les vaisseaux lymphatiques mammaires.

L'appareil suspenseur du pis (Fig. 2) est composé de plusieurs lames : deux latérales et deux médiales. Les lames médiales, par leur accollement, forment le ligament suspenseur du

pis. Celui-ci sépare distinctement les quartiers droits et gauches. Les quartiers crâniens et caudaux, en revanche, ne sont pas séparés. Le ligament suspenseur du pis est élastique, très puissant, et s'attache sur la ligne blanche, le tendon prépubien et la symphyse ischio-pubienne. Quand le pis est rempli de lait, il devient lourd et exerce une traction importante sur le ligament suspenseur. Les lames latérales viennent s'insérer sur la tunique jaune de l'abdomen. Des quatre lames principales partent 7 à 10 lamelles de suspension, pénétrant dans le corps de la mamelle et séparant le parenchyme glandulaire en lobes.

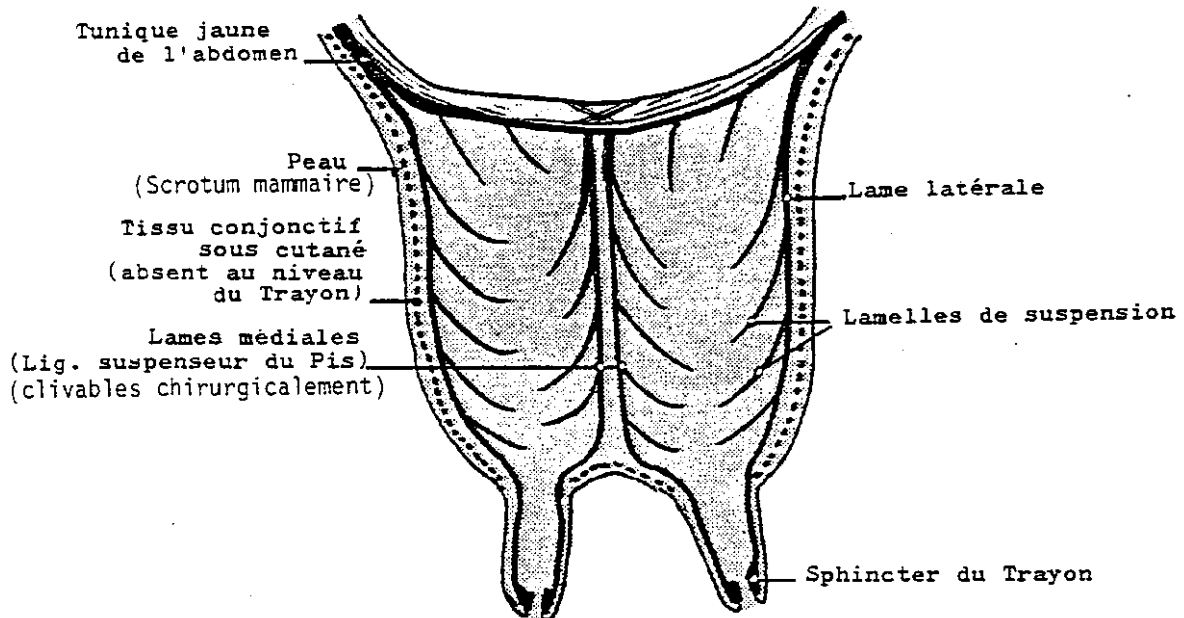


Figure 2 : Appareil suspenseur et revêtement cutané du pis. (Pavaux 2001)

Conformation de la mamelle

Chaque quartier comporte une glande mammaire et des conduits lactifères menant à un unique sinus (ou citerne) lactifère, décomposé en partie glandulaire (dans le corps) et une partie papillaire (dans le trayon) (Fig. 3). Ce sinus est proportionnellement plus spacieux chez la vache et la chèvre que chez la brebis. La citerne glandulaire forme des anfractuosités à l'abouchement des canaux lactifères. Ces anfractuosités peuvent devenir des « cachettes » à bactéries et rendre difficile le traitement d'une infection.

La glande mammaire est composée de lobes mammaires, eux-mêmes divisés en lobules. Un lobule est un ensemble d'alvéoles (environ 200), agencées à la manière d'une grappe de raisins. Les alvéoles sont des cavités bordées de cellules alvéolaires sécrétant le lait. Elles sont richement vascularisées et entourées de cellules myoépithéliales, dont la contraction entraîne l'éjection du lait. L'ocytocine stimule ce phénomène, alors que l'adrénaline l'inhibe (Fig. 5).

Une fois le lait éjecté des alvéoles, il est conduit via différents canaux : d'abord intralobulaire, puis intralobaire, interlobaire, lactifère, et enfin papillaire, jusqu'à l'orifice papillaire, comportant un sphincter, « porte de sortie » du trayon (Fig. 4 et 6). Chez la brebis, ce sphincter est absent.

* CONFORMATION INTERIEURE

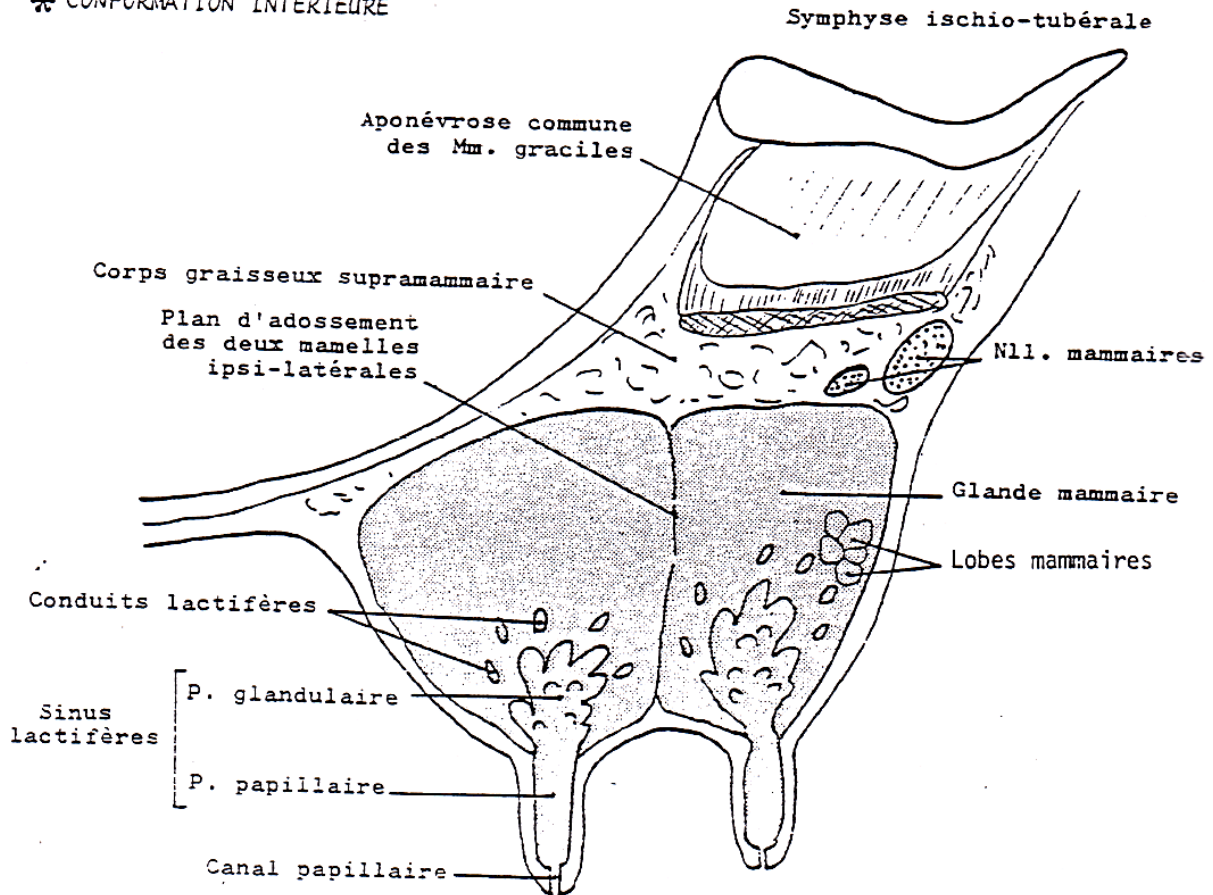


Figure 3 : Conformation interne du pis. (Pavaux 2001)

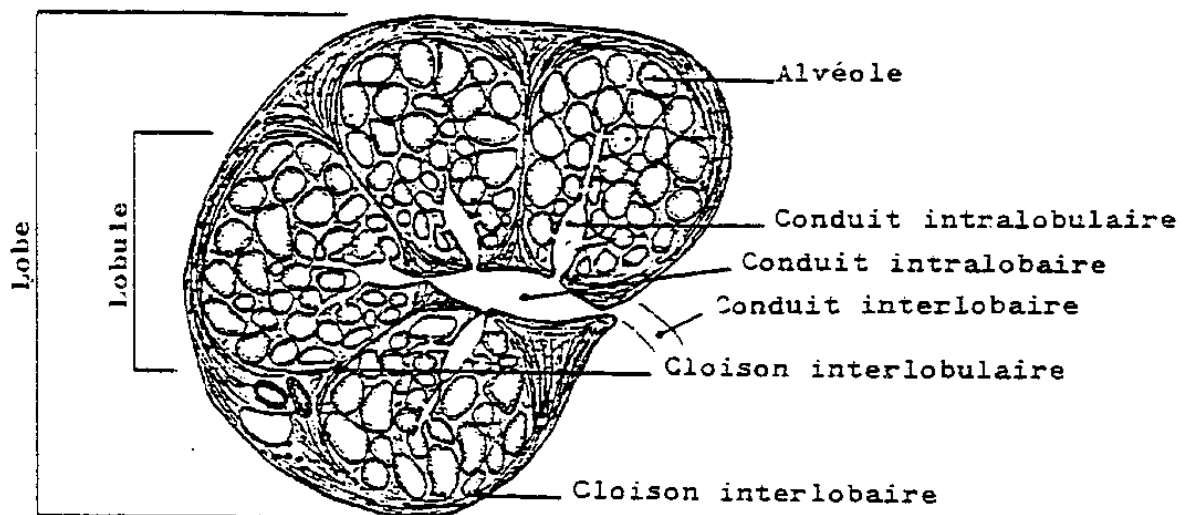


Figure 4 : Lobes, lobules et alvéoles mammaires. (Pavaux 2001)

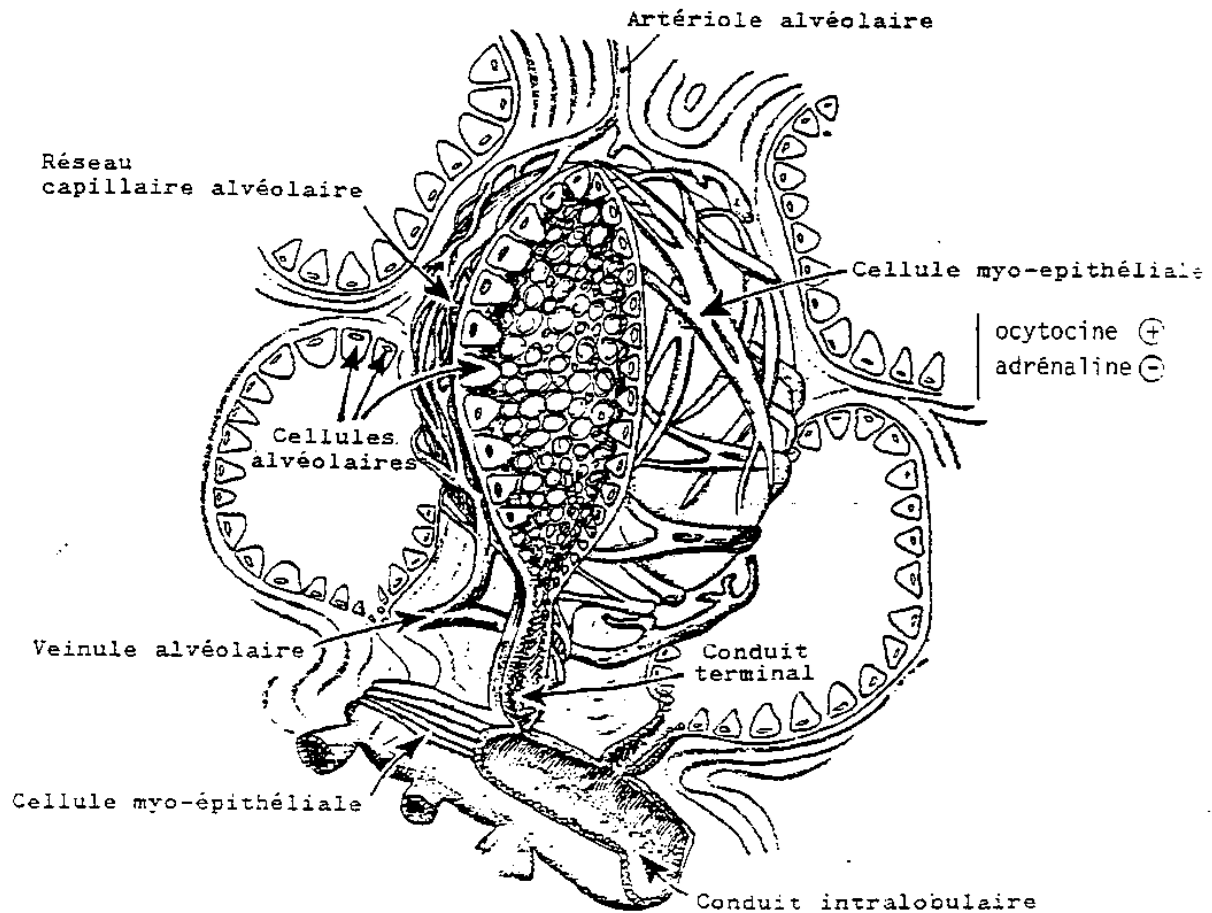


Figure 5 : Lobule mammaire. (Pavaux 2001)

Conformation du trayon

La jonction entre citerne glandulaire et citerne papillaire est constituée d'un relief annulaire et d'un plexus veineux proximal appelé cercle veineux de Fürstenberg. La citerne papillaire est vaste, délimitée par un tégument jaunâtre, élastique et musculéux. Elle communique avec l'extérieur par un conduit papillaire court (0,8-1,0 cm) s'ouvrant sur l'orifice papillaire.

Le conduit papillaire est plissé longitudinalement et présente à son extrémité proximale une couronne de plis : la rosette de Fürstenberg. Il est recouvert d'un épithélium pluristratifié qui joue un rôle autonettoyant et anti-infectieux. L'orifice papillaire est entouré de fibres musculaires formant le sphincter papillaire, important dans la régularité du jet de lait et empêchant les infections ascendantes lorsqu'il est fermé (Fig. 6).

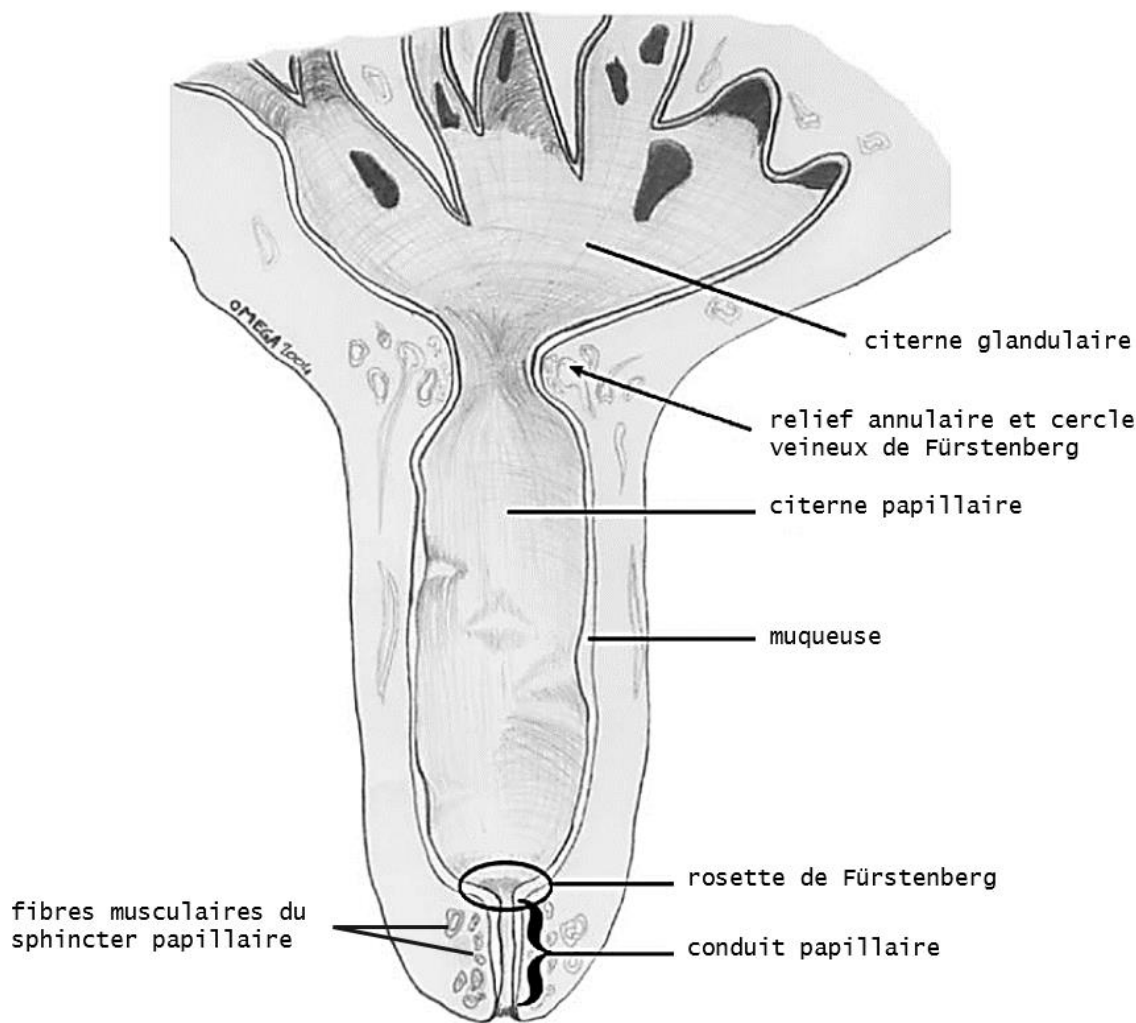


Figure 6 : Anatomie du trayon. (Couture et Mulon 2005)

Vascularisation

La synthèse d'un litre de lait nécessite la circulation de 300 à 400 litres de sang dans la mamelle. Une vache laitière produit en moyenne 30 litres de lait par jour (de 2 à 5 litres pour la chèvre et la brebis). La mamelle est donc un organe très richement vascularisé.

L'irrigation artérielle se fait principalement par l'artère honteuse externe, qui provient de tronc pudendo-épigastrique, lui-même provenant de l'artère fémorale profonde. L'artère honteuse externe se divise en trois branches : les artères mammaires crâniale (qui se termine par l'artère épigastrique caudale superficielle), caudale et moyenne. Ces trois branches sont elles-mêmes très ramifiées, jusqu'aux trayons irrigués par leurs propres artères papillaires (Fig. 7).

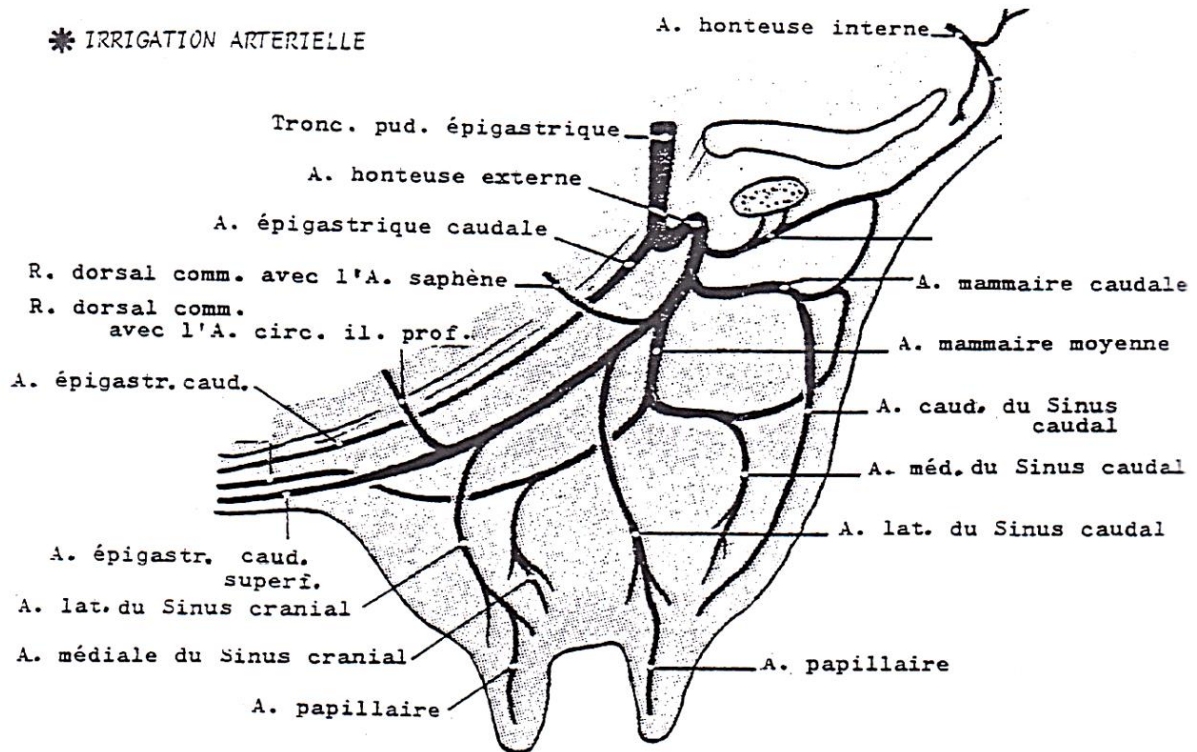


Figure 7 : Irrigation artérielle du pis. (Pavaux 2001)

Le sang veineux contenu dans les plexi veineux papillaires est drainé par le cercle veineux de Fürstenberg, chemine jusqu'aux volumineuses veines mammaires crâniale (la « veine du lait », bien visible sous le ventre), moyenne (veine honteuse externe) et caudale (veine honteuse interne). Ces trois veines s'anastomosent pour former le cercle veineux du pis.

La veine mammaire crâniale se prolonge en veine épigastrique crâniale superficielle, qui va rejoindre vers l'avant de l'animal la région xiphoïdienne, où, passant par un orifice dans la paroi abdominale appelé « fontaine du lait », elle se mêle à la veine thoracique interne (Fig. 8).

* DRAINAGE VEINEUX

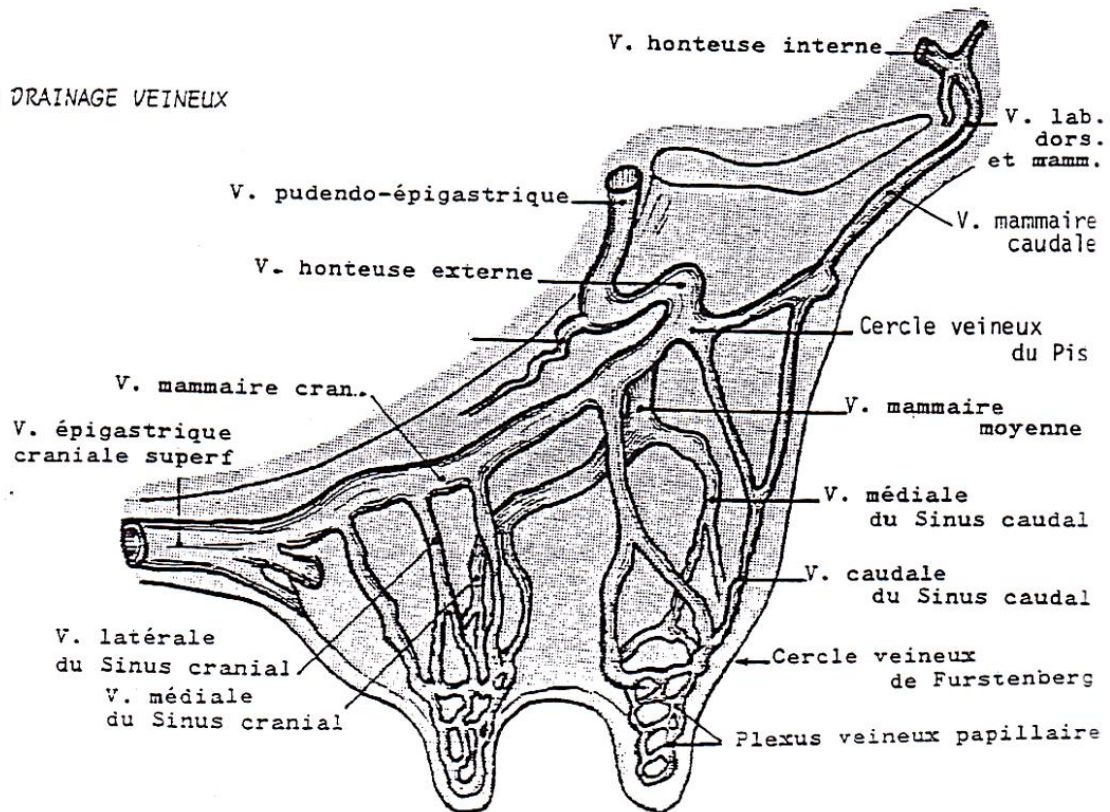


Figure 8 : Drainage veineux du pis. (Pavaux 2001)

Innervation

Les rameaux cutanés ventraux des nerfs ilio-hypogastrique et ilio-inguinal innervent la peau des quartiers antérieurs. Le nerf génito-fémoral, le plus important, innerve la peau, les glandes et les trayons. Enfin, le rameau mammaire du nerf honteux assure la sensibilité de la région périnéale du pis.

1.2. L'ÉCHOGRAPHIE

1.2.1 Bases physiques de l'échographie : interactions entre son et matière

L'échographie repose sur l'utilisation des propriétés du son.

Le son est une onde mécanique générée par la vibration des particules du milieu qu'elle traverse. Ces particules vont se rapprocher et s'éloigner les unes des autres : on parle d'une série de pressions et décompressions qui forment des cycles (Herring et Bjornton 1985). Un son est caractérisé par sa fréquence et sa longueur d'onde (Fig. 9).

La **fréquence** est le nombre de cycles réalisés par seconde, elle s'exprime en Hertz (Hz). L'oreille humaine perçoit les sons dont la fréquence est comprise entre 20 et 20 000 Hz. En échographie, les sons générés ont des fréquences de l'ordre du million de Hertz (entre 2 et 20 MHz), ils sont donc inaudibles et sont appelés ultrasons (Mattoon et Nyland 2015). La fréquence détermine la résolution de l'image échographique. La résolution est la capacité à distinguer deux points très rapprochés. Elle peut être axiale (alignée dans l'axe du faisceau ultrasonore) ou latérale (non alignée). Augmenter la fréquence permet d'obtenir une image moins floue.

La **longueur d'onde** est la distance entre chaque cycle, elle s'exprime en mètres (m). La longueur d'onde détermine le pouvoir de pénétration de l'ultrason dans le tissu échographié : plus on augmente la longueur d'onde, plus la profondeur d'exploration augmente.

Fréquence et longueur d'onde sont inversement proportionnelles si la vitesse du son dans le milieu reste constante (Mattoon et Nyland 2015) (Fig. 10). C'est le cas en échographie, puisqu'on considère que la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore dans les tissus mous est constante : 1540 m/s. Ainsi, quand la fréquence augmente, la longueur d'onde diminue, et vice-versa. Concrètement, si on augmente la fréquence, l'image échographique sera plus nette, mais le champ d'exploration plus superficiel.

Le bon compromis entre profondeur et résolution se trouve en sélectionnant la fréquence la plus haute pour la profondeur d'exploration voulue (Blond et Buczinski 2009).

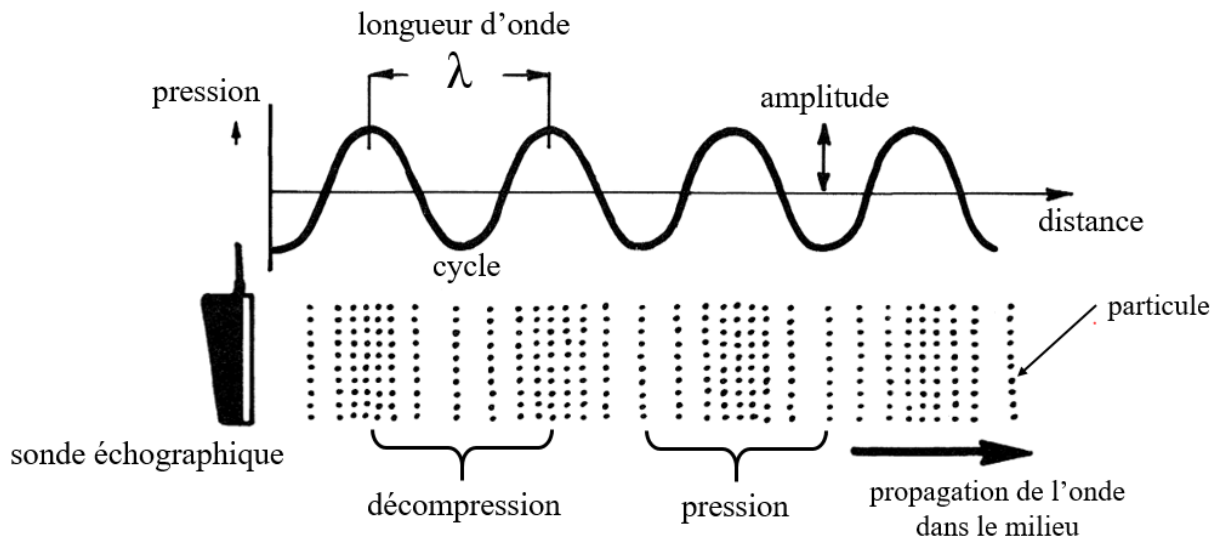


Figure 9 : L'onde sonore : succession de pressions et décompressions des particules du milieu. La longueur d'onde λ est la distance parcourue par l'onde pendant un cycle. La fréquence est le nombre de cycles réalisés par seconde. L'amplitude représente l'intensité du son. (Herring et Bjrnton 1985)

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & \text{longueur d'onde (m)} & & & & \\
 \mathbf{c} & = & \boldsymbol{\lambda} & \times & \mathbf{F} & & \\
 \text{vitesse du son (m/s)} & & & & \text{fréquence (cycle/s (Hz))} & &
 \end{array}$$

Figure 10 : Relation entre vitesse, longueur d'onde et fréquence. (Mattoon et Nyland 2015)

L'image échographique est le fruit des interactions entre l'onde ultrasonore et la matière : réflexion, réfraction, dispersion, absorption (Fig. 11) (Blond et Buczinski 2009).

Chaque milieu résiste plus ou moins au passage du son ; cette résistance est l'**impédance acoustique** (Z). L'impédance acoustique d'un milieu dépend de sa densité et de son élasticité, elle est le produit de la vitesse de propagation du son dans ce milieu et de sa masse volumique (Hendee et Ritenour 2002). Ainsi l'impédance de l'air est faible ($410 \text{ kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), celles des tissus mous sont moyennes (138.10^4 à $184.10^4 \text{ kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) et celle de l'os est élevée ($780.10^4 \text{ kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) (Mattoon et Nyland 2015).

Une **interface acoustique** est la limite sans épaisseur physique séparant deux milieux d'impédances acoustiques différentes, par exemple du muscle et de la graisse, ou de l'air et du tissu pulmonaire. À chaque interface acoustique, le faisceau d'ultrasons subit des modifications : une partie des ultrasons est **réfléchi**e, c'est-à-dire renvoyée à la sonde sous la forme d'un écho, alors que les ultrasons restant passent à travers l'interface, ils sont **réfractés**. C'est la base de la formation de l'image échographique (Mattoon et Nyland 2015) (Fig. 11). Cela est valable si l'interface est bien plus grande que la longueur d'onde des ultrasons et plutôt lisse, on parle alors de réflexion spéculaire (Barrie Smith et Webb 2011).

Plus la différence d'impédance d'un côté et de l'autre de l'interface est importante, plus la quantité d'ultrasons réfléchis augmente (Hendee et Ritenour 2002). Il reste alors peu d'ultrasons disponibles pour explorer les tissus en-dessous de cette interface, ce qui est gênant en échographie. De telles surfaces très réfléchives sont par exemple les interfaces tissu mou/air ou os/tissu mou (Fig. 11A). Lors de l'examen échographique, on cherchera toujours une fenêtre acoustique, c'est-à-dire une zone dépourvue d'os ou d'air permettant le passage des ultrasons (Herring et Bjornton 1985).

Au contraire, les interfaces tissu mou/tissu mou renvoient environ 1% des ultrasons, ce qui est suffisant pour les rendre visibles sur l'écran de l'échographe. Les 99% restants sont disponibles pour visualiser les structures plus en profondeur, ce qui est idéal pour l'examen échographique (Hendee et Ritenour 2002) (Fig. 11B).

Pour que l'écho retourne à la sonde, le faisceau incident doit être quasi-perpendiculaire à la surface étudiée (Fig. 11C) (Hendee et Ritenour 2002).

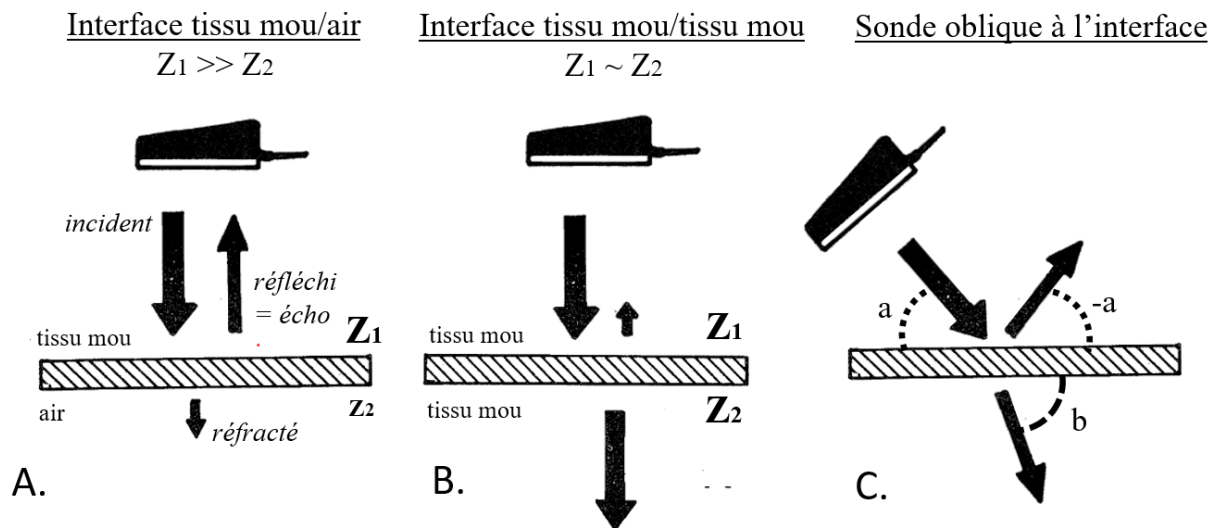


Figure 11 : Réflexion et réfraction du faisceau incident à différentes interfaces entre des milieux d'impédance Z . L'interface tissu mou/air réfléchit la quasi-totalité des ultrasons (A) alors que l'interface tissu/tissu permet leur réfraction (B). Pour que les échos reviennent à la sonde, le faisceau incident doit être proche de la perpendiculaire (C). (adapté de Herring et Bjornton 1985)

La dispersion du faisceau a lieu au contact de particules très petites, de dimension inférieure à la longueur d'onde des ultrasons, comme des fibres de collagène (Barrie Smith et Webb 2011). La réflexion est alors non spéculaire et une multitude d'échos sont renvoyés dans toutes les directions. Ces échos donnent l'aspect « granuleux » des tissus et parenchymes. Ce phénomène est amplifié quand la fréquence augmente (Layssol-Lamour 2017) (Fig. 12).

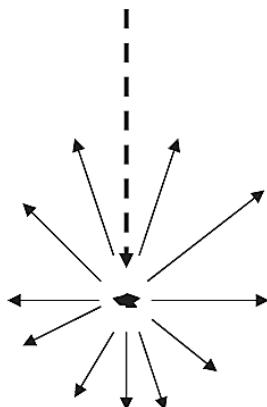


Figure 12 : La dispersion (Barrie Smith et Webb 2011)

Enfin, **l'atténuation** est la perte d'énergie du faisceau ultrasonore au cours de sa traversée du tissu. Une partie des ultrasons est absorbée par les tissus et transformée en chaleur. Le phénomène d'atténuation augmente avec la fréquence et diminue la profondeur d'exploration (Layssol-Lamour 2017).

1.2.2 Formation de l'image échographique

Il existe différents modes de traitement des ultrasons. Nous décrivons seulement les modes BD (bidimensionnel) à temps réel et le mode Doppler, qui sont ceux utilisés dans cette étude. Les autres modes existants sont le A (amplitude), B (brillance) et TM (temps-mouvement).

La sonde échographique est à la fois un émetteur (1% du temps) et un récepteur (99% du temps) à ultrasons. Un courant électrique est appliqué aux cristaux piézo-électriques (c'est-à-dire capables de transformer de l'énergie mécanique en énergie électrique et vice-versa) contenus dans la sonde, qui se déforment et émettent le faisceau ultrasonore. Puis la sonde « attend » que les échos formés au sein des tissus lui reviennent. À leur retour, ces échos vont à nouveau déformer les cristaux, créant une énergie électrique qui sera amplifiée pour former des points lumineux sur l'écran (Blond et Buczinski 2009).

En mode BD, La position de chaque point à l'écran dépend du temps écoulé entre l'émission de l'ultrason et la réception de son écho : un écho provenant d'une surface profonde mettra plus de temps à revenir, et le point sera en bas de l'écran (Blond et Buczinski 2009).

Chaque point sera plus ou moins clair et brillant selon l'amplitude de l'écho, qui dépend de la réflectivité de l'interface mais aussi de sa profondeur à cause du phénomène d'atténuation (Mattoon et Nyland 2015).

Une multitude d'ultrasons balayent le champ, les balayages se succèdent rapidement et l'image est sans cesse réactualisée : on obtient un film en temps réel et en coupe des structures anatomiques étudiées. Varier l'orientation de la sonde permet de varier les coupes. Les nuances de gris obtenues sont décrites en termes d'« échogénicité » (Fig. 13 et 14).

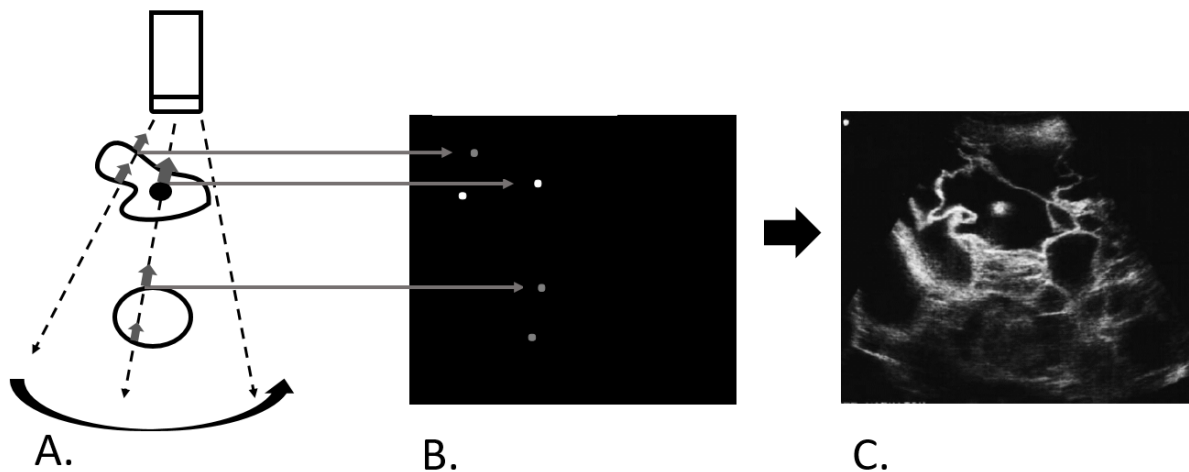


Figure 13 : Principe du mode BD (bidimensionnel) à temps réel. La sonde balaie le champ et reçoit les échos formés aux interfaces (A). Chaque écho devient un point à l'écran, caractérisé par sa brillance et sa position (B). L'addition de ces points donne l'image échographique, ici d'un hématome de la mamelle (C) (échographie issue de Flöck et Winter 2006).

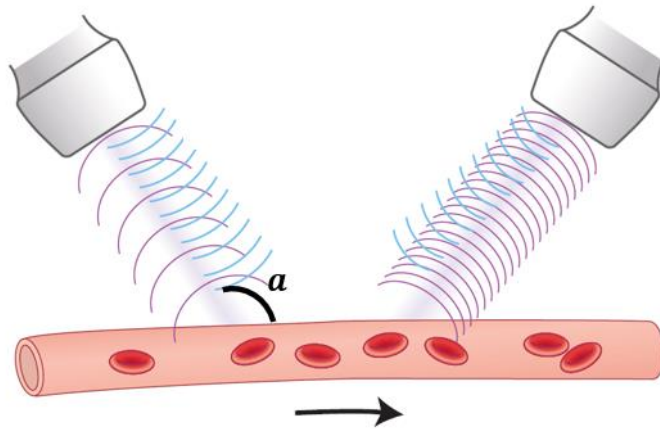
Anéchogène		Fluides limpides (sang, urine)	La plupart des ultrasons sont réfractés (=transmis)
Échogénicité variable		Organes divers	
Hyperéchogène		Air, os, objets métalliques, bois	La plupart des ultrasons sont réfléchis

Figure 14 : Nuances de gris et échogénicité des milieux

L'échographie Doppler permet l'analyse des flux sanguins. Elle nous renseigne sur la direction et la vitesse du flux, ainsi que sur son caractère laminaire ou turbulent (Layssol-Lamour 2017). Alors que la base de l'échographie en mode BD est la réflexion spéculaire des ultrasons aux frontières entre les tissus, l'échographie Doppler s'appuie sur la dispersion des ultrasons au contact des globules rouges (Barrie Smith et Webb 2011).

Lorsque que le faisceau ultrasonore rencontre un objet en mouvement, ici les globules rouges, les échos produits ont une fréquence différente de celle émise. Si les globules rouges viennent vers la sonde, la fréquence renvoyée sera plus élevée ; s'ils s'en éloignent, elle sera plus basse. La différence entre fréquence émise et fréquence renvoyée est enregistrée et s'appelle le « Doppler shift », ou « glissement de fréquence ». Ce « Doppler shift » est à la base du principe de l'échographie Doppler : s'il est positif, le flux sanguin étudié se rapproche de la sonde, s'il est négatif, le sang s'éloigne. D'autre part, plus sa valeur absolue est élevée, plus la vitesse du flux est importante. Par contre, il dépend aussi de l'angle formé entre la sonde et le vaisseau étudié, ainsi plus on est parallèle au vaisseau, plus l'estimation

de la vitesse sera juste. Enfin, la différence de fréquence est assez fine, de l'ordre du millier de Hertz, le Doppler shift est donc audible (Reef 1998; Mattoon et Nyland 2015) (Fig. 15).



$$\text{Doppler shift} = F1 - F0 = \frac{2 F0 v \cos a}{c}$$

Figure 15 : Principe du Doppler. Les ondes bleues représentent la fréquence des ultrasons émis, les violettes celle de l'écho renvoyé par les globules rouges. Le flux va de gauche à droite (flèche). À gauche, les globules rouges s'éloignent, la fréquence renvoyée est plus faible. À droite, ils se rapprochent, elle est plus élevée. La différence de ces fréquences, ou Doppler shift, dépend entre autres de la vitesse du sang (v), de l'angle entre le faisceau incident et le vaisseau (a) et de la vitesse du son (c). (Mattoon et Nyland 2015)

Le Doppler shift peut être représenté sur l'écran de l'échographe par une courbe de vitesse ou une échelle de couleur, moins précise mais plus intuitive. Généralement, un flux approchant est représenté en rouge, et un flux s'éloignant est bleu. Plus la couleur est claire, plus la vitesse est importante (Fig. 16). Un mélange de rouge et de bleu signe un flux turbulent, par exemple lors de thrombose (Mattoon et Nyland 2015).

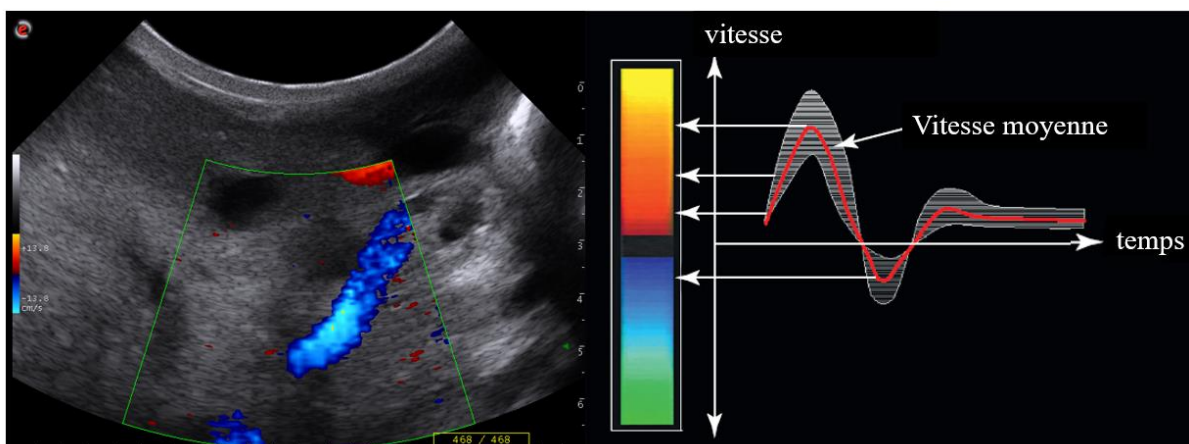


Figure 16 : Échographie Doppler d'une mamelle de vache. Quand le flux se rapproche, la courbe de vitesse est positive, et la couleur rouge. Quand il s'éloigne, la courbe est négative et la couleur bleue. Plus la couleur est claire, plus la vitesse du sang est élevée. (Image échographique issue de l'Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT et schéma d'après Mattoon et Nyland 2015)

Finalement, l'échographie Doppler permet de différencier les vaisseaux sanguins d'autres structures tubulaires non vasculaires, de différencier veines et artères et de localiser des zones de flux turbulent.

1.2.3 Artefacts (Blond et Buczinski 2009)

Ce que l'on voit sur l'écran de l'échographe n'est jamais la représentation fidèle de la réalité anatomique. Ce fossé entre image et réalité, ce sont les artefacts. Kirberger (1995) les décrit comme des modifications de brillance, de forme ou de taille ajoutées (non réelles), manquantes ou mal positionnées.

Certains artefacts aident au diagnostic, alors que d'autres nous induisent en erreur. Leur connaissance est donc cruciale lors d'un examen échographique. En voici quelques-uns :

L'**artefact de réverbération** se présente comme une série de lignes hyperéchogènes, équidistantes et peu à peu atténuées (Fig. 17). Ces lignes résultent de « rebonds » des échos entre deux surfaces très réfléchissantes ou une surface réfléchissante et la sonde : air entre la sonde et la peau, os... Si ces surfaces sont de petites tailles (bulles de gaz intestinal, petits objets métalliques), des queues de comète apparaissent : les lignes sont étroites, peu espacées.



Figure 17 : Artefact de réverbération. Des lignes hyperéchogènes équidistantes et graduellement atténuées apparaissent sous la paroi du trayon (flèches). (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)

Le **cône d'ombre** est une aire anéchogène en-dessous d'une surface réfléchissant fortement les ultrasons comme de l'os, un tissu fibrosé, un corps étranger, un calcul (Fig. 18).

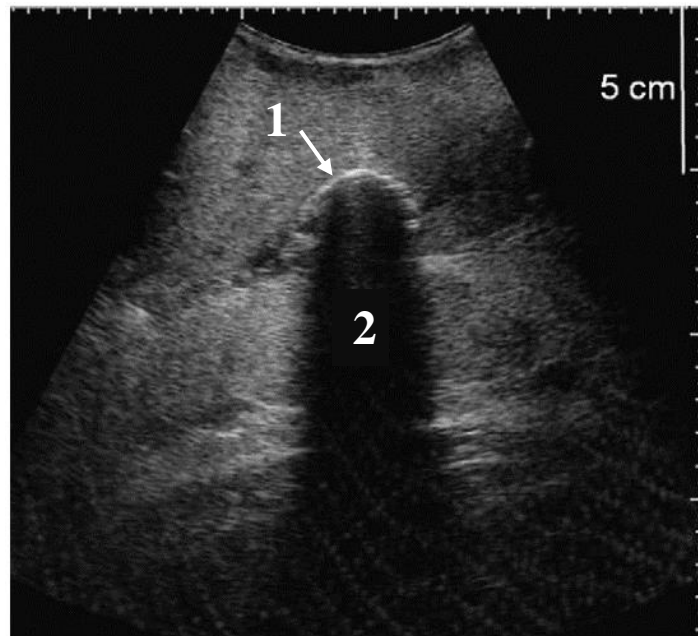


Figure 18 : Cône d'ombre. Un bout de bois dans une mamelle (1) réfléchit fortement les ultrasons : il apparaît hyperéchogène et entraîne un cône d'ombre (2). (Franz et al. 2009)

Les **ombres de bord** apparaissent lorsque les ultrasons rencontrent une surface courbe, comme les bords d'un vaisseau ou d'un kyste. À cette surface, les faisceaux incidents sont réfractés et peu d'échos reviennent à la sonde : une bande noire est visible (Fig. 19).

Le **renforcement postérieur** est l'excès de brillance d'une aire située en-dessous d'un milieu atténuant très peu les échos, généralement du liquide. Cet artefact est utile dans la mise en évidence de cavités liquidiennes anormales, telles que des kystes ou des abcès (Fig. 20).

L'**image en miroir** est créée lorsque le faisceau incident rencontre une interface linéaire très réfléchive, comme l'interface poumon/diaphragme, ou la peau du trayon. La position des structures est calculée sur le principe que le trajet des ultrasons est linéaire. Or, la surface très réfléchive dévie ce trajet, qui devient anormalement long. Les structures concernées apparaissent donc de l'autre côté de la surface, en miroir (Fig. 21).

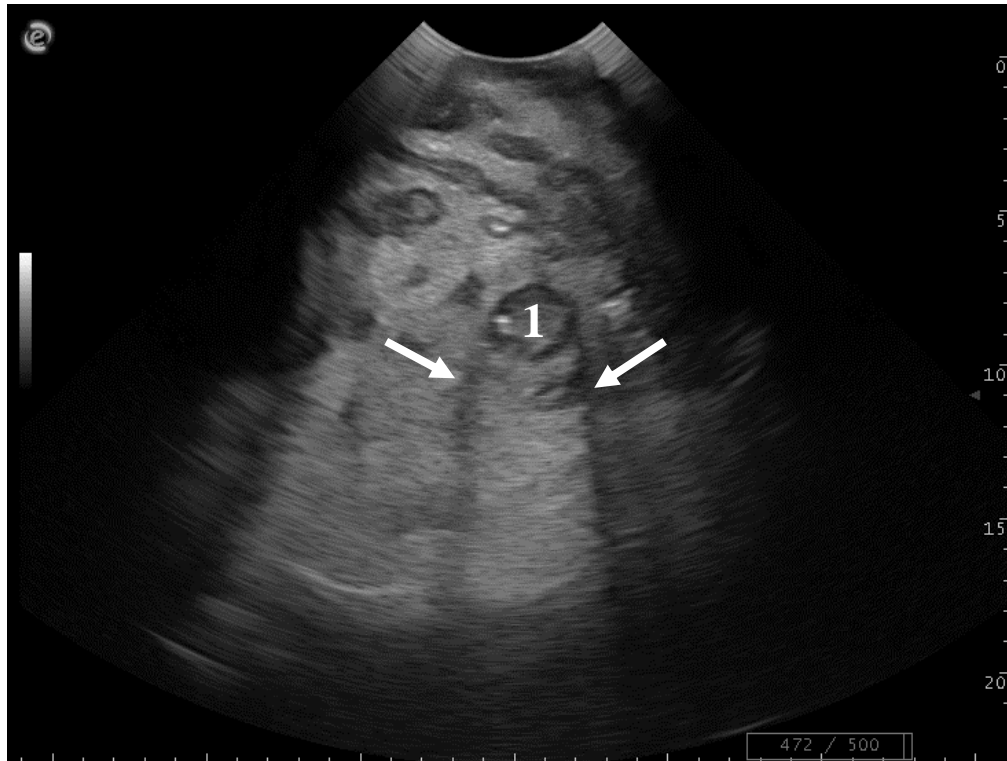


Figure 19 : Ombres de bord : les bords courbes d'un abcès mammaire (1) dévient les ultrasons incidents, entraînant l'apparition d'ombres de bord (flèches). (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)

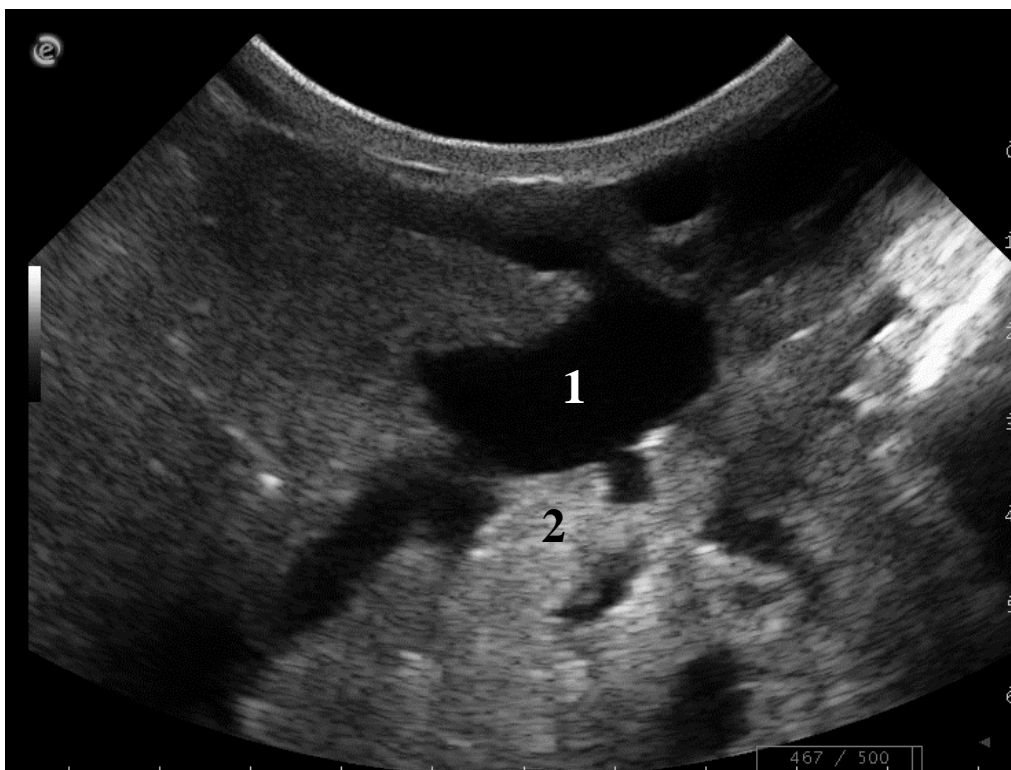


Figure 20 : Renforcement postérieur : le lait contenu dans la citerne glandulaire d'une mamelle (1) atténue peu les ultrasons, l'aire située en-dessous est alors plus échogène, c'est le renforcement postérieur (2). (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)

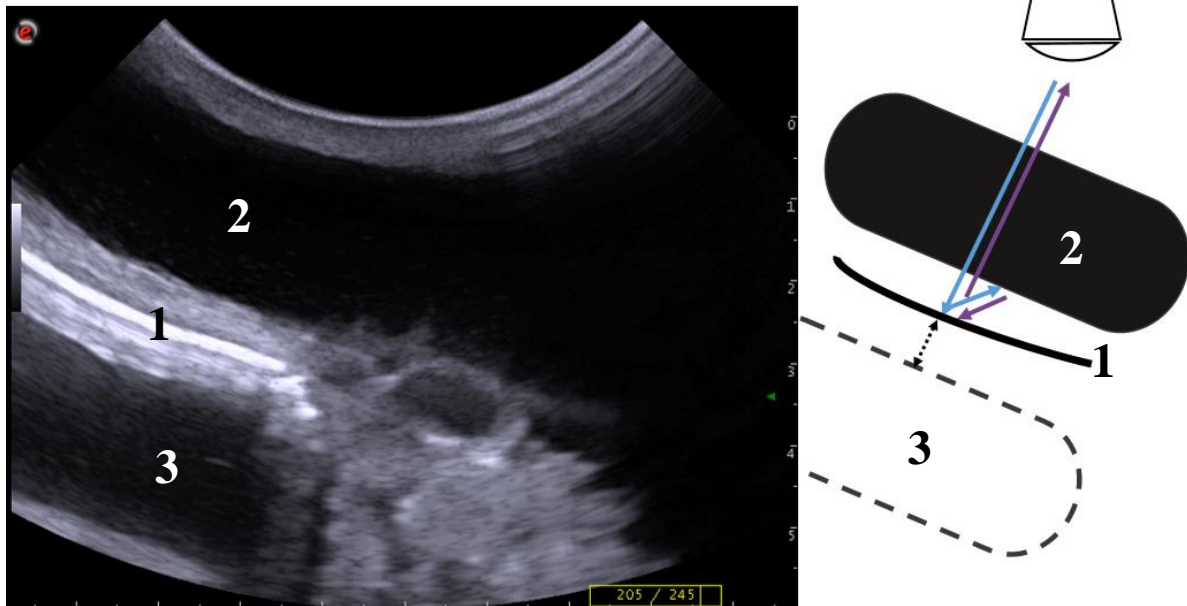


Figure 21 : Image en miroir. Les rayons incidents sont réfléchis sur la peau du trayon et font apparaitre un deuxième trayon en miroir. (1) Peau du trayon (2) Cavité papillaire (3) Image en miroir du trayon. (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)

1.2.4 Choix de la sonde et réglages (Mattoon et Nyland 2015)

Les sondes diffèrent selon l'agencement des cristaux piézo-électriques qu'elles contiennent. En médecine bovine, les plus utilisées sont la sonde linéaire et la sonde convexe (Fig. 22).

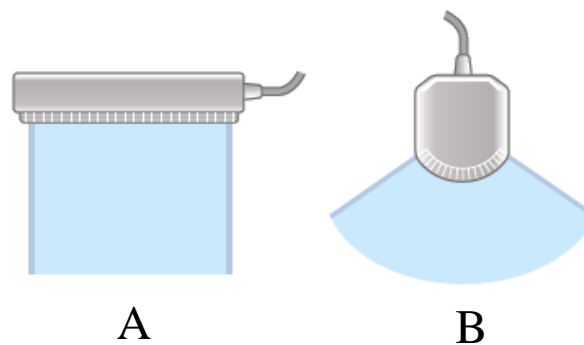


Figure 22 : Sonde linéaire (A) et convexe (B). (Mattoon et Nyland 2015)

La **sonde linéaire** contient de multiples cristaux arrangés en ligne. Le champ d'exploration sera rectangulaire. Ce type de sonde offre des fréquences élevées ainsi que la meilleure résolution. Toutefois le champ de vision est plutôt réduit et peu profond. La sonde linéaire est donc la sonde la plus adaptée à l'exploration de structures superficielles.

Les cristaux de la **sonde convexe** sont arrangés en lignes courbes. Le champ d'exploration sera triangulaire. La résolution est moins bonne, mais le champ de vision est élargi et approfondi. Cette sonde permet donc d'échographier des structures épaisses ou profondes.

Il est possible de modifier la qualité de l'image grâce à plusieurs paramètres. Les principaux sont les suivants :

La **puissance** règle le courant appliqué aux cristaux piézo-électriques, et donc l'intensité des ultrasons envoyés dans les tissus et des échos enregistrés. Il convient de régler la puissance au plus bas possible pour diminuer les artefacts et améliorer la résolution.

Le **gain général** modifie l'amplification de tous les échos revenant à la sonde. Augmenter le gain, c'est augmenter la brillance générale de l'image.

Le **gain étagé** (ou TGC pour Time Gain Compensation) permet d'amplifier les échos provenant d'une certaine profondeur. Les échos revenant des surfaces profondes ont fait plus de chemin : ils sont naturellement plus atténués. Ainsi, pour obtenir une brillance uniforme de l'image, il faut amplifier les échos les plus profonds et atténuer les plus proches.

La **gamme dynamique** « comprime » l'échelle de gris obtenue. En effet, les échographes permettent de traduire l'amplitude des échos en une gamme de gris trop étendue pour l'œil humain, qui ne peut différencier qu'une trentaine de nuances. Jouer avec la gamme dynamique permet de modifier le contraste. Une gamme étroite (0 à 45 dB) donnera un fort contraste alors qu'une gamme large (jusqu'à 60 dB) donnera moins de contraste et plus de nuances.

La **profondeur** d'exploration modifie la profondeur de pénétration des ultrasons. Elle est utile pour zoomer sur les zones d'intérêt.

La **focalisation** améliore la résolution latérale à une profondeur donnée : l'image sera plus nette à cet endroit.

Enfin, certaines sondes permettent d'utiliser différentes **fréquences**. Cela est bien utile pour trouver la meilleure résolution à la profondeur voulue sans changer de sonde.

1.3. TECHNIQUE D'EXAMEN ÉCHOGRAPHIQUE DE LA MAMELLE ET DU TRAYON

Les techniques d'examen échographique de la mamelle et du trayon sont similaires chez la vache, la brebis et la chèvre.

Préalablement à tout examen, une contention appropriée de l'animal est réalisée, la mamelle est tondue si nécessaire, nettoyée à l'eau savonneuse ou à l'alcool et enduite de gel échographique pour éviter la présence d'air ou de graisse entre la sonde et la peau qui gênerait le passage des ultrasons (Franz et al. 2009).

Deux principales techniques sont décrites pour l'étude échographique de la mamelle et du trayon : le contact direct et la technique par immersion (« water bath » technique) (Cartee et al. 1986; Franz et al. 2009; Fasulkov 2012; Adam et al. 2017).

L'échographie par contact direct, ou transcutanée, permet une bonne visualisation de l'appareil suspenseur du pis, du parenchyme glandulaire, des canaux lactifères, des citernes glandulaires et du relief annulaire du sinus lactifère (Fasulkov 2012; Adam et al. 2017). Une sonde linéaire, convexe ou sectorielle peut être utilisée, à une fréquence inférieure ou égale à 5 MHz (Cartee et al. 1986; Franz et al. 2009). La sonde est positionnée directement sur la peau. Des coupes horizontales permettent d'examiner la lame médiale de l'appareil suspenseur, le parenchyme glandulaire, les canaux lactifères et les vaisseaux sanguins (Adam et al. 2017) (Fig. 23). Une coupe parallèle aux trayons permet d'évaluer les citernes glandulaires, visibles dans leur totalité avec cette coupe (Ayadi et al. 2003).



Figure 23 : Technique d'examen échographique de la mamelle par contact direct.

Pour l'échographie du trayon, la technique par immersion est la plus appropriée (Franz et al. 2009; Fasulkov 2012). Le trayon est placé dans un récipient rempli d'eau chaude (30-35°C). Du gel échographique est appliqué entre la sonde et le récipient. La sonde est ensuite

appliquée verticalement ou horizontalement sur le récipient (Fig. 24). Cette méthode crée une fenêtre acoustique et permet d'obtenir de meilleures images que par contact direct (Fasulkov et al. 2010). D'autre part, on s'affranchit des déformations du trayon entraînées par la pression de la sonde et le canal papillaire devient visible dans sa totalité (Dinç et al. 2000; Rambabu et al. 2008; Franz et al. 2009). En revanche, l'examen de la base du trayon est plus aisé par contact direct (Dinç et al. 2000).

Plusieurs auteurs conseillent l'utilisation d'une sonde linéaire à une fréquence d'au moins 7,5 MHz (Franz et al. 2009; Fasulkov 2012). Toutefois, les images échographiques de trayon que nous avons réalisées avec une sonde convexe et une fréquence de 6,6 MHz sont satisfaisantes.



Figure 24 : Technique d'examen échographique du trayon par immersion.

La visualisation des structures est plus aisée si la mamelle est remplie de lait. Ainsi, Fasulkov et al. (2010) conseillent d'attendre au moins deux heures après la dernière traite ou tétée avant de réaliser l'échographie.

De manière méthodique, l'examen échographique du pis peut commencer par le corps de la mamelle, la sonde appliquée horizontalement puis verticalement sur la face caudale du pis dans trois positions successives, afin d'étudier l'intégralité du parenchyme. On s'attachera sur ces coupes à évaluer l'échogénicité et l'homogénéité du parenchyme glandulaire ainsi que l'aspect et la taille des vaisseaux sanguins et des canaux lactifères. Puis, des coupes verticales juste au-dessus des trayons permettent d'évaluer la taille des citernes glandulaires et l'échogénicité du lait.

Lors de l'examen du trayon, l'intérêt est porté sur la perméabilité des voies d'excrétion du lait et l'intégrité de la muqueuse, notamment au niveau du relief annulaire et de la rosette

de Fürstenberg, sites préférentiels de lésions. L'architecture et l'épaisseur de la paroi du trayon seront aussi évaluées, ainsi que l'aspect du conduit papillaire. Quand une anomalie est suspectée, la comparaison avec les trayons sains se révèle utile.

1.4. ASPECT ÉCHOGRAPHIQUE DE LA MAMELLE ET DU TRAYON SAINS

Les images échographiques de la mamelle sont semblables chez la brebis, la chèvre et la vache.

La peau et les lames latérales de l'appareil suspenseur sont confondues en une ligne hyperéchogène, d'où partent des lignes plus fines, un peu moins échogènes séparant le parenchyme glandulaire en lobes : ce sont les lamelles de suspension (Fig. 25). La lame médiale de l'appareil suspenseur forme quant à elle deux lignes hyperéchogènes séparant les quartiers gauche et droit (Fig. 25) (Adam et al. 2017).

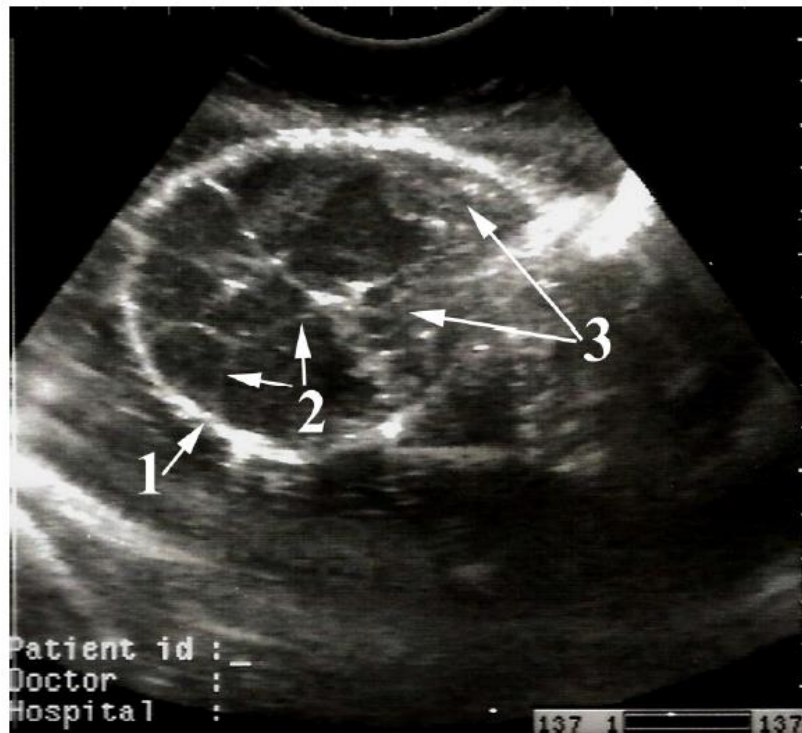


Figure 25 : Image échographique de l'appareil suspenseur du pis d'une chèvre en lactation (sonde convexe, 5MHz, contact direct, coupe horizontale). (1) Peau et lame latérale de l'appareil suspenseur (2) Lamelles de suspension (3) Lobes de la glande mammaire. (Adam et al. 2017)

Le parenchyme glandulaire est une structure d'aspect granuleux et d'échogénicité faible à moyenne et uniforme. Il contient des zones rondes anéchogènes et bien délimitées, pouvant être soit des vaisseaux sanguins soit des canaux lactifères. Le mode Doppler permet de les différencier (Fig. 26) (Franz et al. 2009; Adam et al. 2017).

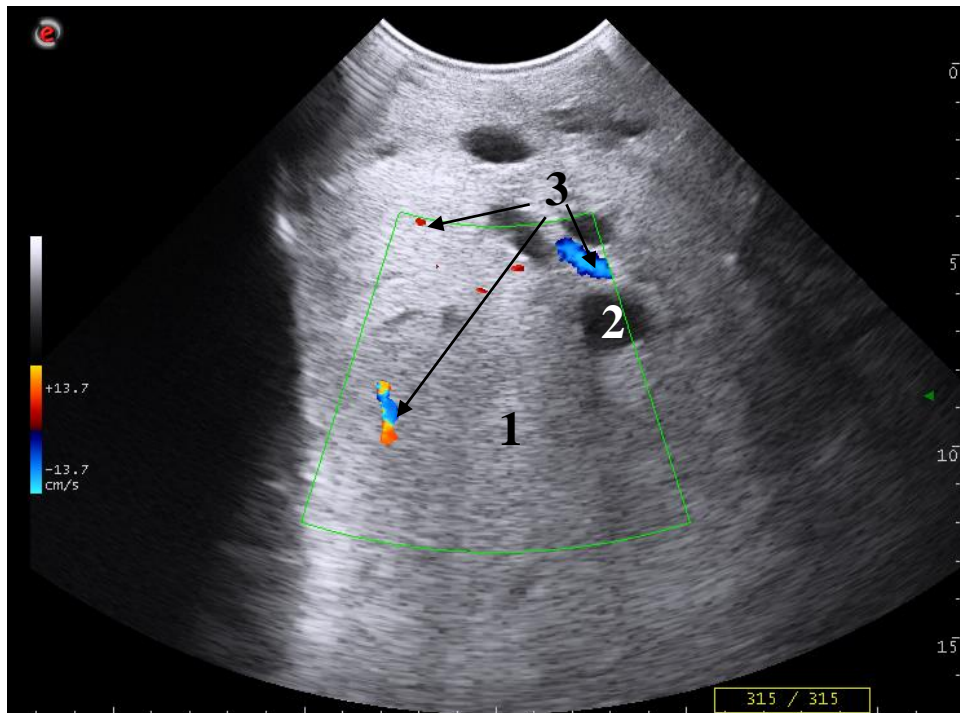


Figure 26 : Image échographique du parenchyme glandulaire mammaire d'une vache (sonde convexe, 4.3 MHz, contact direct, coupe transversale, mode BD combiné au mode Doppler). (1) Parenchyme glandulaire (2) Canal lactifère (3) Vaisseaux sanguins visibles grâce au mode Doppler. (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)

Le lait contenu dans la citerne glandulaire est anéchogène. Le contour de la citerne, interrompu par les entrées des canaux lactifères, est irrégulier et forme des replis. La muqueuse recouvrant la paroi est hyperéchogène (Fig. 27) (Ayadi et al. 2003; Franz et al. 2009).

Le relief annulaire séparant la citerne glandulaire de la citerne papillaire est facilement identifiable et ponctué de zones rondes anéchogènes : les veines du cercle veineux de Fürstenberg (Fig. 28) (Franz et al. 2009).

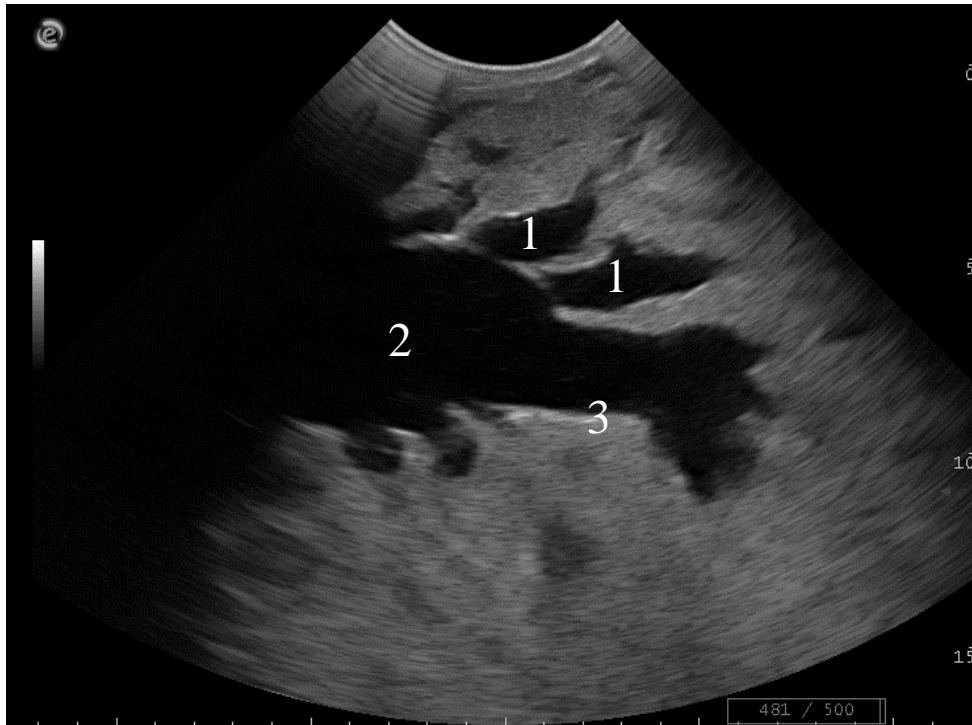


Figure 27 : Image échographique de la citerne glandulaire d'une vache (sonde convexe, 4.3 MHz, contact direct, coupe longitudinale). (1) Large canaux lactifères (2) Citerne glandulaire (3) Paroi de la citerne. (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)

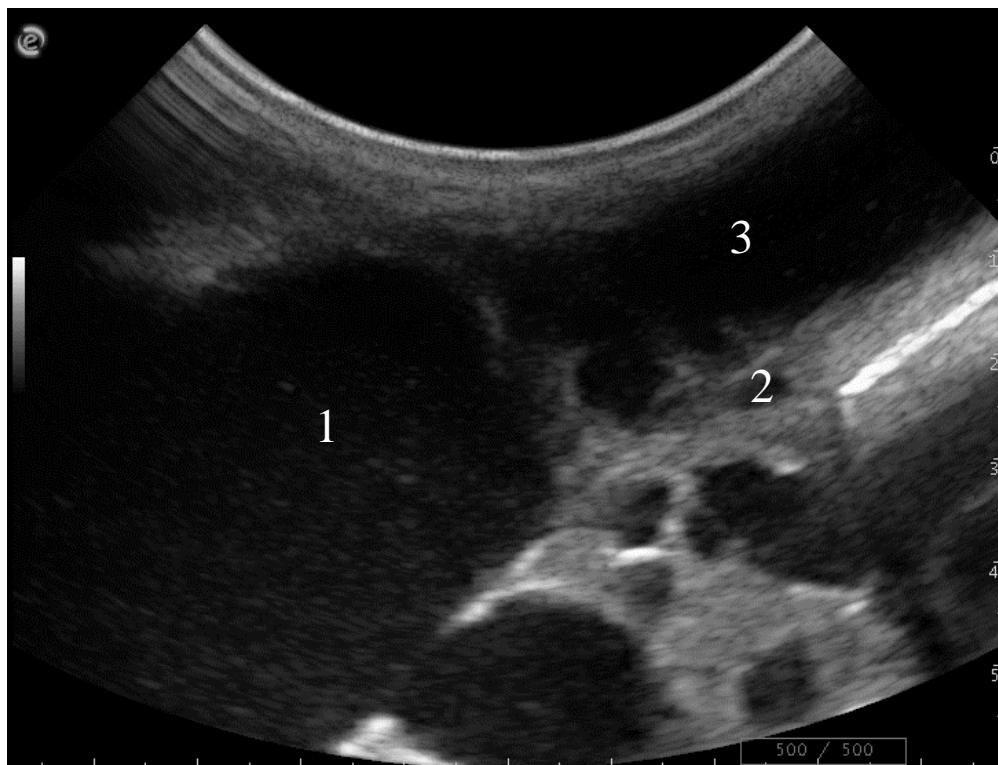


Figure 28 : Image échographique de la base d'un trayon de vache (sonde convexe, 6.6 MHz, contact direct, coupe longitudinale). (1) Citerne glandulaire (2) Veine du cercle veineux de Fürstenberg (3) Citerne papillaire. (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)

La paroi du trayon présente trois couches distinctes : la muqueuse apparaît mince, brillante et hyperéchogène. La musculature et le tissu conjonctif forment une couche plus épaisse, hypoéchogène, et occupée par des cavités anéchogènes : les vaisseaux. Enfin, la peau forme une ligne hyperéchogène. La muqueuse est en contact direct avec la citerne papillaire, anéchogène car remplie de lait (Fig. 29) (Cartee et al. 1986; Franz et al. 2009 chez la vache ; Fasulkov et al. 2010 ; Adam et al. 2017 chez la chèvre).

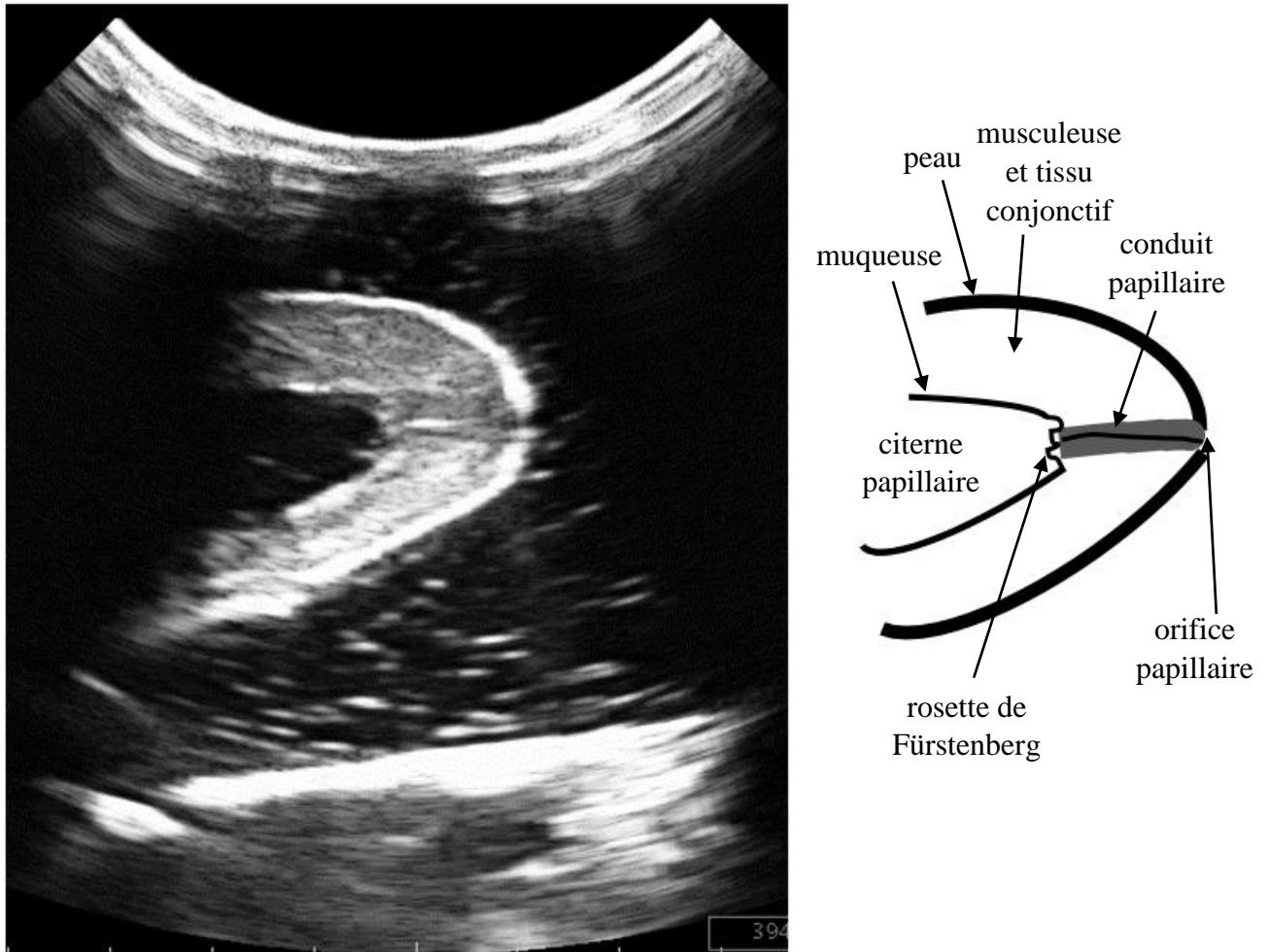


Figure 29 : Aspect échographique d'un trayon de vache (sonde convexe, 6.6 MHz, technique par immersion, coupe longitudinale). (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)

La rosette de Fürstenberg sépare la citerne papillaire du conduit papillaire. Elle se distingue par ses deux fines lignes hyperéchogènes (Fig. 29) (Franz et al. 2001; Khol et al. 2006; Franz et al. 2009). Le conduit papillaire forme une ligne hyperéchogène encadrée par deux bandes hypoéchogènes (Franz et al. 2001; 2003 ; Fasulkov et al. 2014). Franz et al. (2001) ont d'autre part établi la correspondance entre aspect échographique et composition histologique du conduit. Ainsi, la ligne centrale hyperéchogène est constituée de kératine, c'est le *stratum corneum*. Les deux bandes qui l'encadrent forment le *stratum granulosum* (Fig. 29).

1.5. IMAGES ÉCHOGRAPHIQUES DE LÉSIONS

1.5.1 Abscès

Les abcès de la mamelle peuvent concerner ou non le parenchyme glandulaire, et être de nature exogène, par ponction cutanée, ou endogène dans le cas de certaines mammites à bactéries pyogènes, telles que *Arcanobacterium pyogenes* (Divers et al. 2007).

L'abcès se présente comme un gonflement ferme, souvent douloureux et chaud sur la mamelle (Fig. 30). Il peut être associé à de la fièvre.



Figure 30 : Abscès de mamelle, ici sur le quartier caudal gauche (flèche). (Divers et al. 2007)

À l'échographie, un abcès apparaît comme une structure ronde, bien définie, avec une capsule distincte le différenciant d'un hématome. Le contenu est hypoéchogène, avec parfois des zones hyperéchogènes qui sont vraisemblablement des amas de pus (Fig. 31) (Flöck et Winter 2006; Fasulkov 2012; Fasulkov et al. 2014).



Figure 31 : Aspect échographique d'un abcès de mamelle de vache. (1) Capsule de l'abcès (2) Abscès (3) Amas de pus. (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)

L'échographie permet aussi d'identifier des abcès dans la paroi du trayon, avec un aspect semblable à ceux de la mamelle (Cartee et al. 1986; Franz et al. 2009; Fasulkov et al. 2014) (Fig. 32).

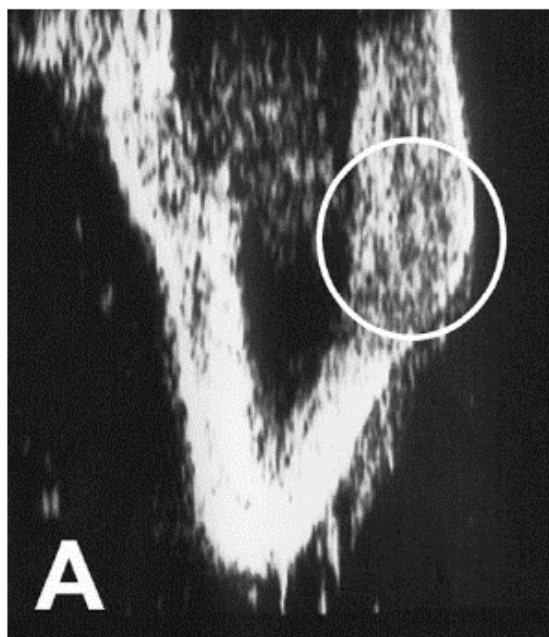


Figure 32 : Aspect échographique d'un abcès dans la paroi du trayon d'une chèvre. (Fasulkov et al. 2014)

1.5.2 Hématome

Les hématomes de la mamelle sont souvent le résultat de traumatismes, induits par l'animal lui-même (en se couchant ou se relevant) ou par des coups de pieds venant de ses congénères (Divers et al. 2007; Franz et al. 2009).

L'hématome est une masse ferme ou fluctuante, plutôt froide et non douloureuse contrairement à l'abcès. Il peut être associé à une anémie s'il devient important. (Divers et al. 2007).

À l'échographie, on peut distinguer de larges cavités remplies d'un fluide anéchogène à hypoéchogène (le sang) dans laquelle flottent de fines membranes ou des particules plus échogènes. Les particules échogènes sont des caillots sanguins, parfois difficilement différenciables des amas de pus (Flöck et Winter 2006; Franz et al. 2009) (Fig. 33).

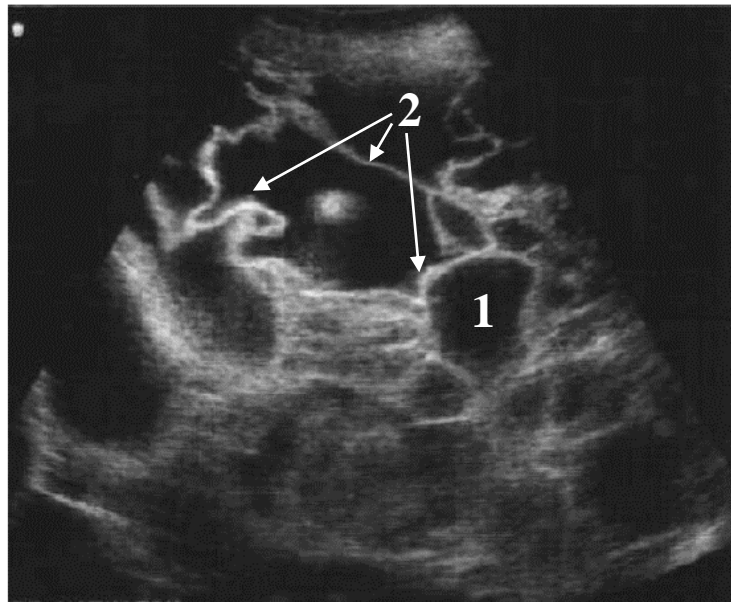


Figure 33 : Aspect échographique d'un hématome de mamelle de vache. (1) Cavité anéchogène (2) Membranes hyperéchogènes. (Flöck et Winter 2006)

L'échographie est indiquée pour identifier la nature d'une masse de la mamelle avant une éventuelle ponction. En effet, la ponction d'un hématome, même effectuée proprement, peut entraîner la formation d'un abcès, ce qu'on préfère éviter (Divers et al. 2007).

D'autre part, dans le cas où un abcès est bien identifié et une aspiration ou un drainage envisagé, l'échographie permettra de guider l'opérateur vers une zone dépourvue de vaisseaux importants ou d'amas de fibrine (Divers et al. 2007).

1.5.3 Mammite

La mammite est une inflammation de la mamelle causée par un agent pathogène, généralement bactérien. L'infection est souvent ascendante, et gagne le quartier en passant par l'orifice papillaire et le trayon. Les symptômes varient en fonction de l'agent pathogène et de l'hôte (Staub et al. 2013).

Une mammite clinique se caractérise par des symptômes locaux : changement de forme, taille, température ou consistance du quartier touché, douleur à la palpation de la mamelle, modification de l'aspect du lait ; et parfois des symptômes généraux, comme de la fièvre ou de l'anorexie (Condino et al. 2012; Fragkou et al. 2014).

Une mammite subclinique est moins facile à détecter, car elle n'entraîne pas de changements visibles de la mamelle ou du lait. Elle se diagnostiquera alors sur la base d'examen complémentaires, comme le California Mastitis Test (CMT) aussi appelé test au Teepol d'après le nom du réactif utilisé, qui est une mesure semi-quantitative de la quantité de cellules somatiques contenues dans le lait (produites lors d'inflammation de la mamelle), le comptage des cellules somatiques du lait, ou l'examen bactériologique du lait (Fragkou et al. 2014).

En plus des conséquences sur le bien-être des animaux, les mammites entraînent une diminution de la production et une modification de la qualité du lait, ce qui, couplé aux coûts des traitements, a de fortes répercussions sur la santé économique des élevages (Staub et al. 2013). Le lait étant une denrée alimentaire d'origine animale, la gestion des mammites revêt aussi une importance sanitaire (Bergonier et al. 2003).

Dans ce contexte, pouvoir disposer de moyens diagnostiques et pronostiques fiables, rapides, non invasifs, pratiques et peu coûteux s'avère intéressant. Plusieurs auteurs ont alors cherché à définir quelle pouvait être la contribution de l'échographie dans la lutte contre les mammites des ruminants.

Chez la vache, Flöck et Winter (2006) ont décrit l'aspect échographique des parenchymes mammaires de sujets atteints de mammites cliniques, tout en essayant d'établir un lien entre agent pathogène et images échographiques. Bien que parfois fortement évocatrices, les lésions mises en évidence ne permettent pas d'identifier un agent pathogène avec certitude. Parfois, les quartiers atteints présentaient même une apparence échographique normale.

Parmi les lésions trouvées, les auteurs décrivent un parenchyme hétérogène et hyperéchogène, la présence d'abcès ou de gaz, des zones bien délimitées hyperéchogènes dans un parenchyme inhomogène, et enfin de nombreux ronds hypoéchogènes avec un centre hyperéchogène, assez caractéristiques d'une infection par *Arcanobacterium pyogenes* (Fig. 34 à 37).

Franz et al., en 2009, font les mêmes observations et associent la présence de gaz à une infection par des bactéries gram-négatives.

Le lait présent dans la citerne glandulaire peut être modifié et devenir hétérogène, voire contenir des particules hyperéchogènes, certainement des caillots de lait (Fig. 34).

Franz et al. (2009) et Staub et al. (2013) mettent en évidence la présence d'un œdème sous-cutané, conséquence de l'inflammation de la mamelle. L'alternance de tissu conjonctif, échogène, et de liquide inflammatoire, anéchogène, donne à l'œdème un aspect caractéristique en peau d'oignon (Fig. 35).

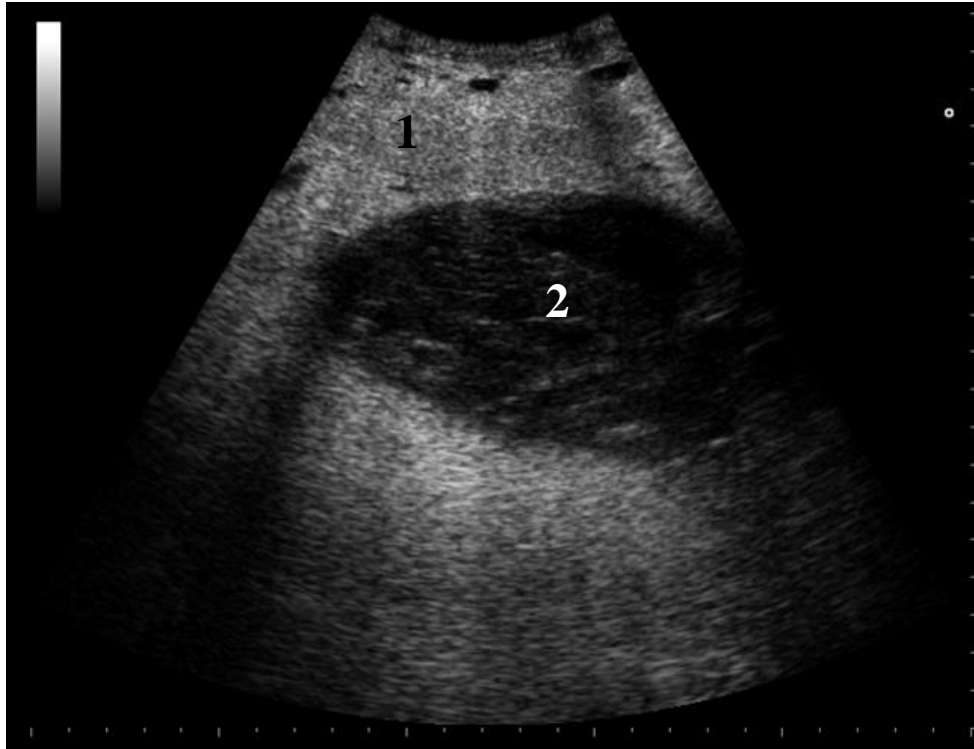


Figure 34 : Aspect échographique d'un quartier de vache atteinte de mammite. (1) Parenchyme glandulaire hyperéchogène (2) Contenu de la citerne glandulaire hétérogène, avec des particules échogènes. (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)

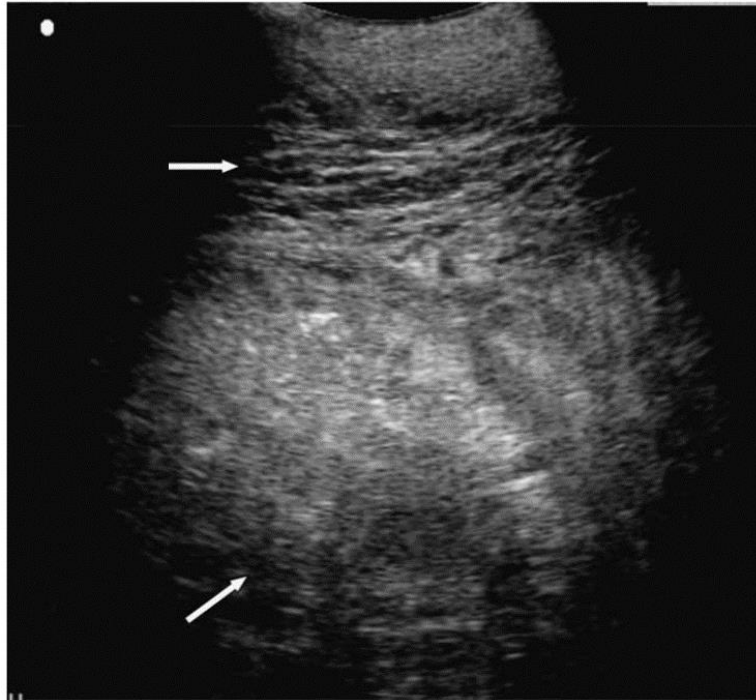


Figure 35 : Aspect échographique d'un quartier de vache atteinte de mammite avec œdème sous-cutané. L'œdème sous-cutané a un aspect caractéristique en peau d'oignon (flèche du haut). Le parenchyme glandulaire est non-homogène et globalement hyperéchogène (flèche du bas). (Flöck et Winter 2006)



Figure 36 : Aspect échographique d'un quartier de vache atteinte de mammite avec présence de gaz. Le parenchyme est non-homogène, et des lignes hyperéchogènes (1) entraînant des cônes d'ombre (2) signalent la présence de gaz. (Flöck et Winter 2006)

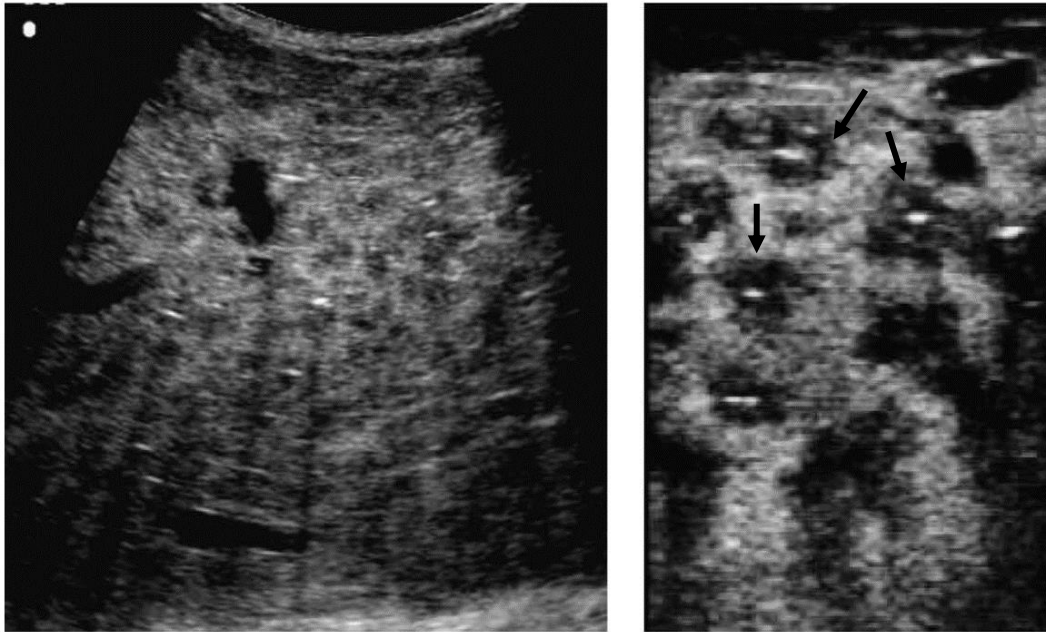


Figure 37 : Aspect échographique d'un quartier de vache atteinte de mammite à *A. pyogenes*. De nombreux ronds hypoéchogènes avec un centre hyperéchogène sont visibles dans le parenchyme (flèches). (Flöck et Winter 2006)

Pour ce qui est des trayons, Seker et al. (2009) ont établi un lien entre le diamètre de la citerne papillaire mesuré par échographie et le nombre de cellules somatiques contenues dans le lait. Ainsi, un diamètre diminué serait corrélé à un résultat positif au California Mastitis Test. Ce résultat est cohérent avec les observations de Staub et al. (2013), qui notent une paroi épaissie en cas de mammite. En 2015, Rainard et al. ont induit expérimentalement des mammites par infusion d'ovalbumine dans le conduit papillaire. Ils ont alors observé un épaississement de la paroi du trayon et un rétrécissement, voire une obstruction, de la citerne papillaire. Un œdème de la paroi apparaît clairement sur les échographies réalisées (Fig. 38).

Klein et al. (2005) montrent que les conduits papillaires des quartiers sains sont plus longs et étroits que ceux des quartiers infectés, expliquant ce résultat par la remontée plus difficile des micro-organismes dans de tels conduits.

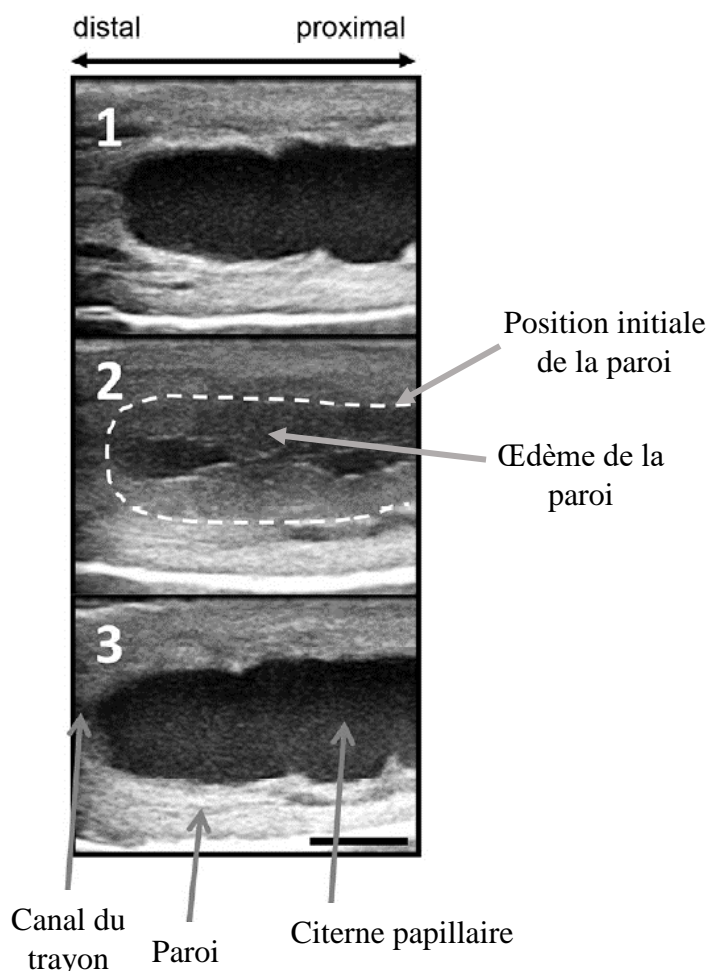


Figure 38 : Aspect échographique d'un trayon de vache avant et après infusion d'ovalbumine. (1) Avant infusion (2) 14 heures post-infusion, la paroi est œdémateuse et la citerne obstruée (3) 96 heures post-infusion le trayon a regagné un aspect normal. (Rainard et al. 2015)

Chez la brebis, une infection par *Staphylococcus aureus*, principal agent des mammites cliniques chez les petits ruminants (Bergonier et al. 2003), se caractérise à l'échographie par un parenchyme hétérogène globalement hyperéchogène ou alternant des zones hypoéchogènes et hyperéchogènes. La citerne glandulaire, normalement anéchogène, présente quant à elle un contenu hétérogène d'échogénicité augmentée (Fig. 39A). Les mêmes images sont notées dans le cas de mammites subcliniques à *S. aureus* et de mammites cliniques à streptocoques (Franz et al. 2003; Ismail et al. 2016).

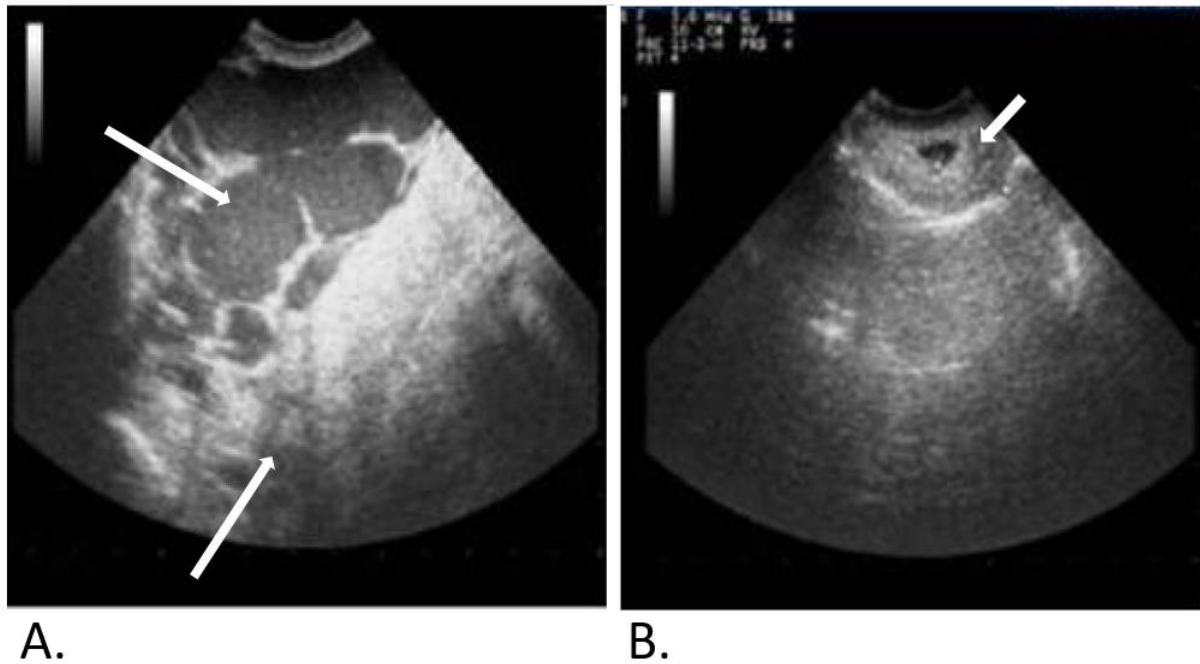


Figure 39 : Aspect échographique d'une mammité à *S. aureus* chez une brebis. (A) Le contenu de la citerne glandulaire (flèche du haut) est échogène et hétérogène, le parenchyme glandulaire (flèche du bas) est hétérogène et d'échogénicité augmentée. (B) La paroi du trayon (flèche du haut, coupe transversale) est épaissie et hyperéchogène. (Ismail et al. 2016)

Concernant le trayon, Ismail et al. (2016) ont montré une corrélation entre l'augmentation de l'épaisseur de la paroi et l'augmentation du nombre de cellules somatiques du lait. Enfin, un conduit papillaire plus long et plus large est observé lors d'infection (Franz et al. 2003), ce qui n'est pas totalement cohérent avec les observations faites par Klein et al. (2005) chez la vache.

Une étude d'Hussein et al. (2015) portant sur les mammites subcliniques à staphylocoques coagulase négative et à *S. aureus* montre qu'aucune modification de l'aspect échographique du parenchyme mammaire ou des trayons n'est présente. En revanche, les mesures échographiques des nœuds lymphatiques mammaires révèlent une augmentation significative de leur taille en cas d'infection, qui n'est pas toujours décelée par la palpation seule.

Chez la chèvre, une mammité clinique, qu'elle soit due à *S. aureus*, à des staphylocoques coagulase négative ou à *Streptococcus agalactiae*, entrainera les mêmes signes échographiques : parenchyme glandulaire hétérogène hypoéchogène à hyperéchogène, canaux lactifères et vaisseaux sanguins peu visibles, paroi du trayon épaissie et hyperéchogène, lait contenu dans les citernes échogène et contenant des caillots hyperéchogènes (Fig. 40) (Fasulkov 2012; Fasulkov et al. 2014; 2015).



Figure 40 : Aspect échographique d'un trayon de chèvre 72h après infection par *S. aureus*. Des structures hyperéchogènes correspondant à du lait coagulé (1) sont présentes dans la citerne papillaire (2). (Fasulkov et al. 2015)

Fasulkov et al. (2014) ont par ailleurs mis en évidence la présence d'un tissu de granulation (constitué essentiellement de fibrocytes et lymphocytes) hyperéchogène dans un quartier induré atteint d'une mammite chronique (Fig. 41).

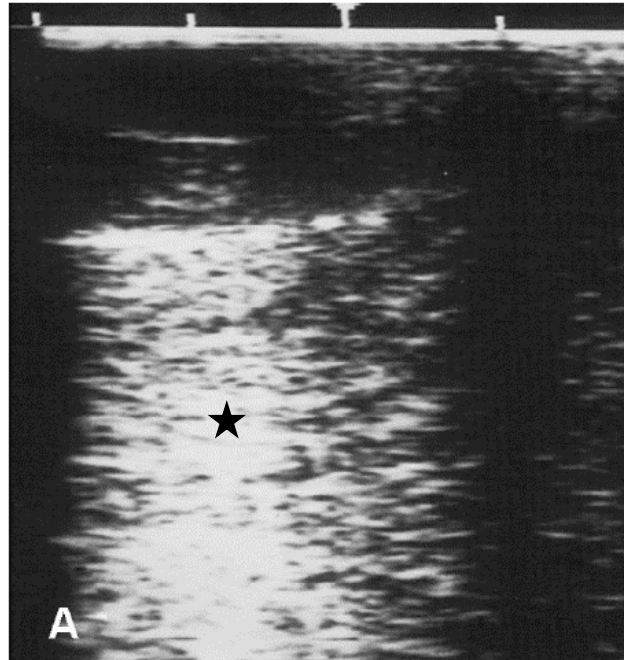


Figure 41 : Aspect échographique d'une mammite chronique chez une chèvre. Le quartier induré a perdu sa structure normale, un tissu de granulation hyperéchogène (étoile) remplace le parenchyme glandulaire. (Fasulkov et al. 2014)

D'autre part, au-delà de l'identification des lésions, Staub et al. (2013) ont montré l'utilité de l'échographie dans le suivi thérapeutique des mammites, évaluant le retour à la normale ou non de la structure tissulaire du parenchyme et du trayon 15 jours après la fin du traitement antibiotique (Fig. 42).

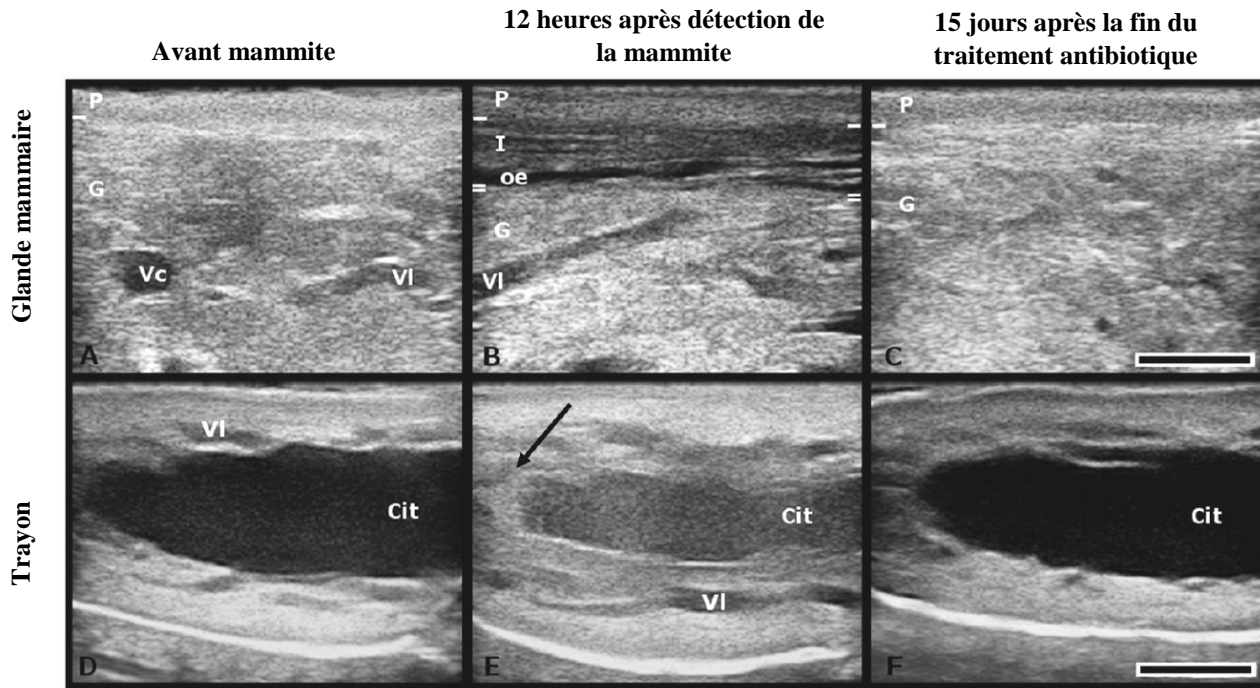


Figure 42 : Évolution de l'aspect échographique de la mamelle et du trayon d'une vache atteinte de mammité à *S. aureus* ; avant l'infection (A et D) ; après détection de la mammité en salle de traite (B et E) ; et 15 jours après la fin du traitement (C et F). L'infection entraîne un œdème sous-cutané (oe), un épaissement de la paroi du trayon, une augmentation de l'échogénicité du lait et la formation d'un caillot de lait (flèche). 15 jours après la fin du traitement (C et F), aucune séquelle tissulaire n'est visible. (P) peau, (G) glande mammaire, (Vc et VI) vaisseau sanguin, (I) inflammation du tissu sous-cutané, (Cit) citerne papillaire. (Staub et al. 2013)

En conclusion, même si l'examen clinique et les comptages cellulaires sont les moyens diagnostiques de choix des mammites cliniques et subcliniques des ruminants (Bergonier et al. 2003; Fragkou et al. 2014), l'échographie permet d'évaluer l'étendue des lésions tissulaires, de suivre l'efficacité du traitement mis en place et de vérifier l'absence de séquelles (Fasulkov et al. 2015). Elle aide ainsi le clinicien à établir un pronostic et l'éleveur à choisir de réformer l'animal ou non.

1.5.4 Corps étranger

L'échographie peut permettre d'identifier un corps étranger difficilement palpable dans la mamelle. Franz et al. (2009) ont ainsi mis en évidence la présence d'un bout de bois dans la mamelle d'une vache formant une ligne hyperéchogène et un cône d'ombre important (Fig. 43).

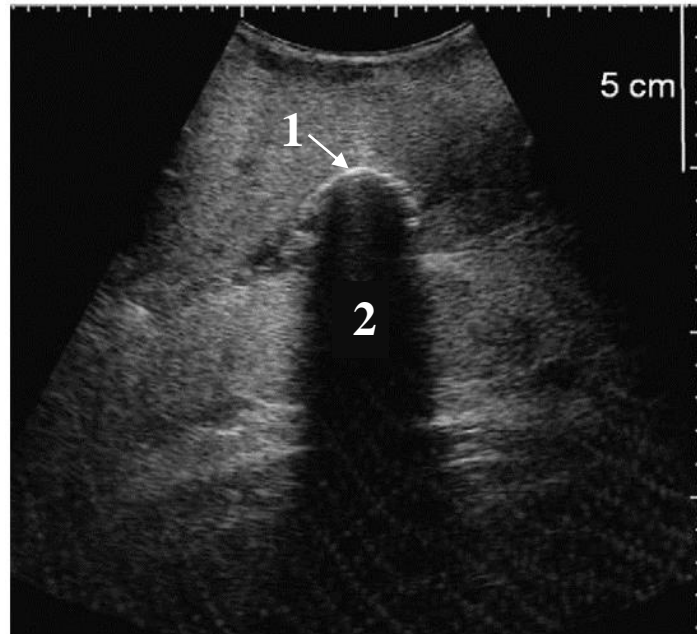


Figure 43 : Aspect échographique d'un corps étranger dans une mamelle de vache. Le bout de bois incurvé (1) apparaît hyperéchogène et entraîne un cône d'ombre (2). (Franz et al. 2009)

1.5.5 Sténoses et obstructions du trayon

Des lésions des trayons entraînent des perturbations du flux de lait, gênant ainsi la traite. Elles peuvent aussi favoriser l'apparition de mammites, surtout si elles concernent le conduit papillaire et son sphincter, structures essentielles à la défense contre les infections (Divers et al. 2007; Mavrogianni et Fthenakis 2007).

La majorité des sténoses sont dues à des proliférations tissulaires (polypes, papillomes), des modifications de la muqueuse ou des zones de fibrose, souvent secondaires à des traumatismes externes des trayons. Ces traumatismes ont lieu lorsque l'animal marche ou se fait marcher sur les trayons, ou bien lors de la traite, si le vide dans la machine à traire est mal réglé, ou la traite trop longue (Divers et al. 2007). Les sites de prédilection sont le relief annulaire, la rosette de Fürstenberg et le conduit papillaire (Couture et Mulon 2005). Des caillots de lait peuvent aussi se former en cas d'inflammation de la mamelle et gêner l'écoulement du lait.

L'échographie, en complément de la palpation et du sondage du trayon, permet de localiser et d'identifier la lésion afin d'adopter la meilleure approche thérapeutique et d'établir un pronostic (Dinç et al. 2000; Couture et Mulon 2005). Selon Dinç et al. (2000), l'échographie

serait plus sensible que la palpation pour la détection de la plupart des sténoses, et notamment de celles situées à la base des trayons, peu accessibles.

Au-delà de son intérêt diagnostique, selon John et al. (1998) l'échographie permet de suivre l'évolution post-chirurgicale d'un retrait de prolifération tissulaire dans le trayon et de s'assurer d'une absence de récurrence.

Les signes échographiques de lésions à rechercher sont un repli anormal, un épaissement ou un changement d'échogénicité de la muqueuse, une perte de la structure caractéristique en trois couches de la paroi du trayon, ou encore une modification structurelle de la rosette de Fürstenberg ou du conduit papillaire (Fig. 44 et 45). Les proliférations tissulaires sont généralement assez échogènes et font protrusion dans la citerne papillaire (Fig. 44 et 46) (Franz et al. 2009; Fasulkov et al. 2014).

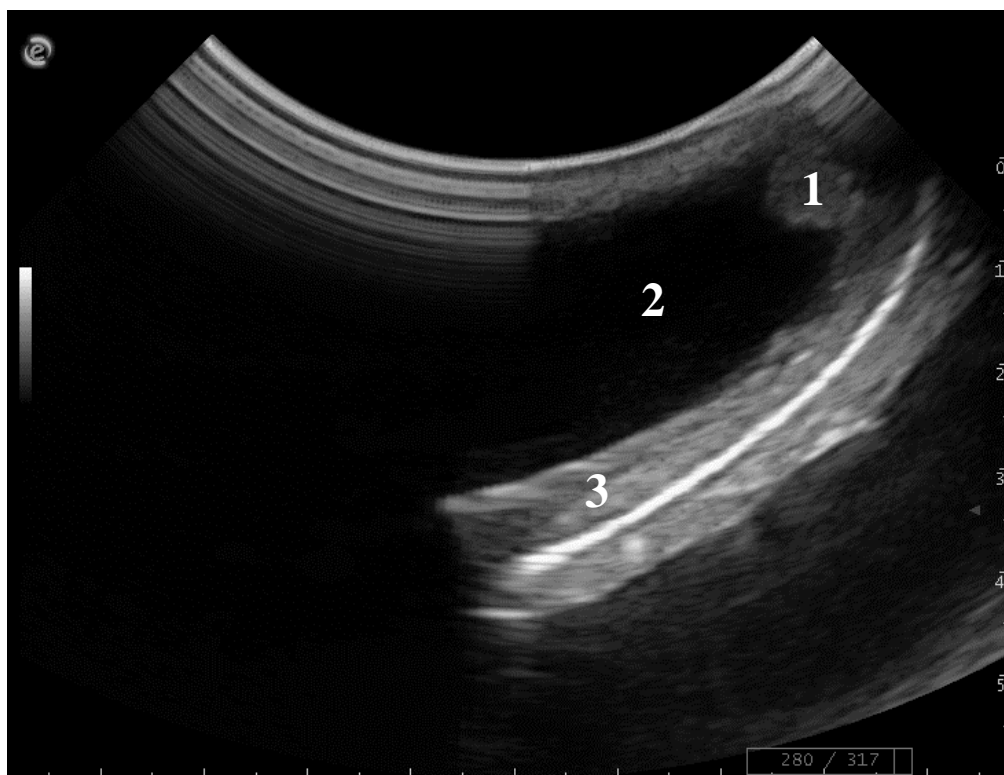


Figure 44 : Aspect échographique d'une sténose dans la partie distale d'un trayon de vache. (1) Lésion muqueuse au niveau de la rosette de Fürstenberg (2) Citerne papillaire (3) Paroi du trayon. (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)

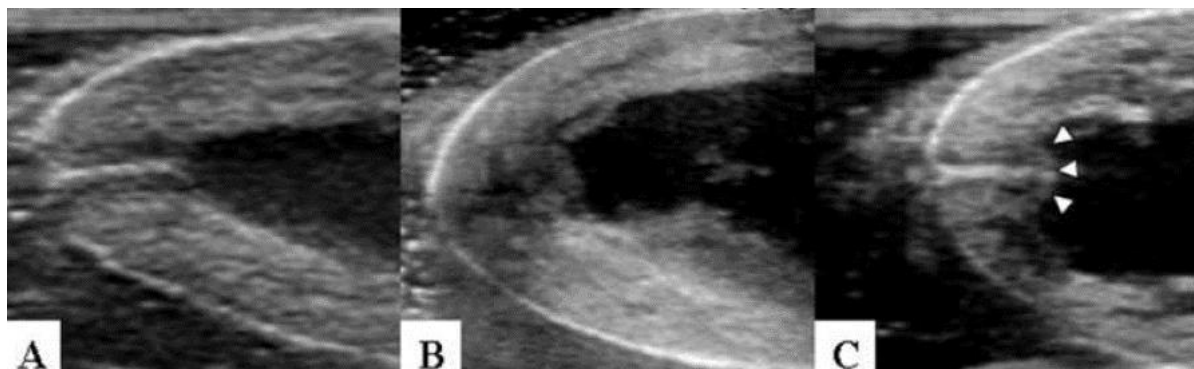


Figure 45 : Aspect échographique de lésions de la rosette de Fürstenberg et du conduit papillaire de trayons de vaches. (A) Conduit papillaire normal non obstrué. (B) Obstruction complète du conduit papillaire. (C) Obstruction concernant la rosette de Fürstenberg (têtes de flèche). (Condino et al. 2010)

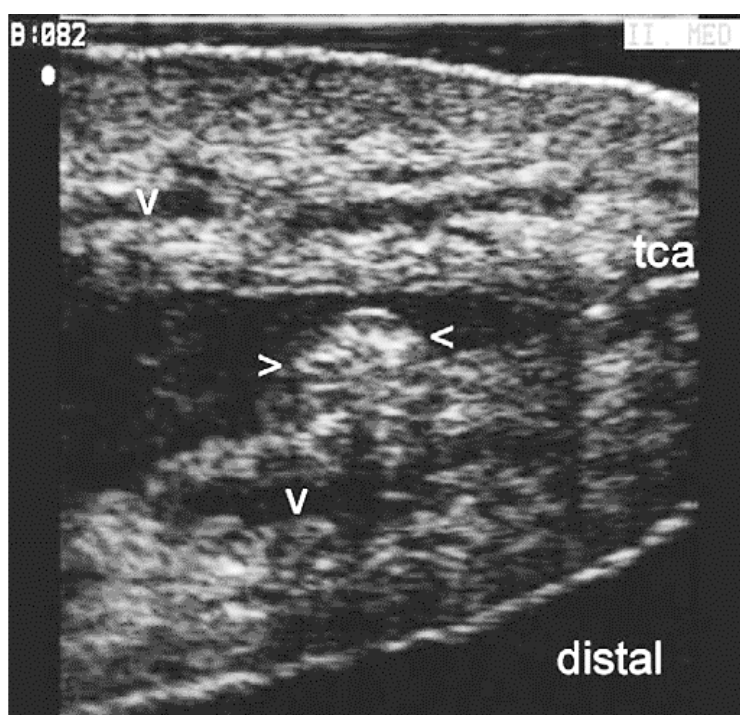


Figure 46 : Aspect échographique de sténose de trayon de vache due à une prolifération tissulaire, ici un papillome (><). (v) vaisseau sanguin (tca) conduit papillaire. (Franz et al. 2009)

Les caillots de laits peuvent être libres ou attachés à la muqueuse, et étant plus denses que le lait environnant ils seront plus échogènes (Franz et al. 2009) (Fig. 47).

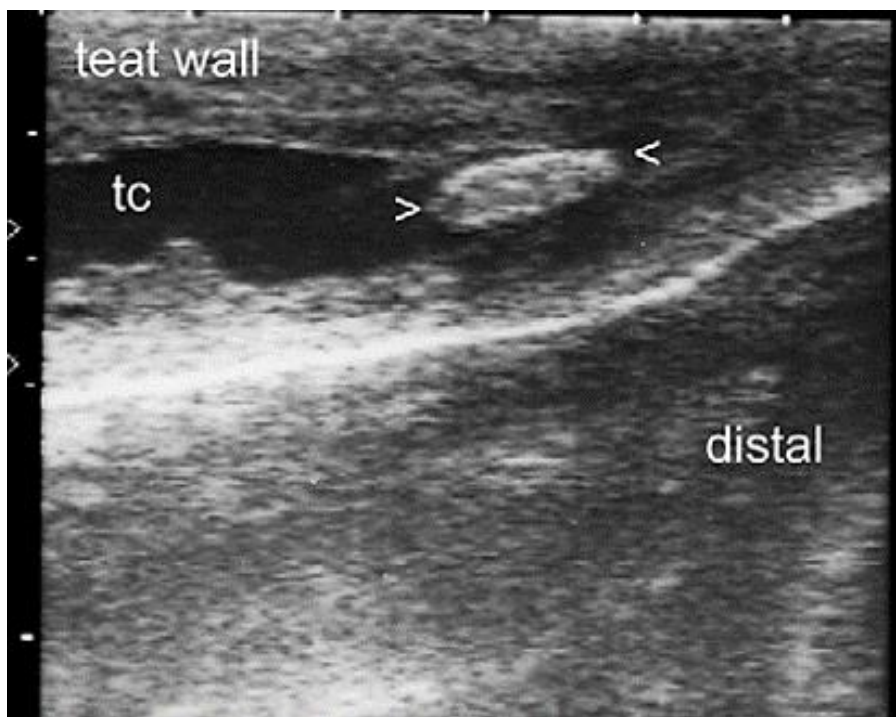


Figure 47 : Aspect échographique d'un caillot de lait bloquant l'écoulement du lait dans la citerne papillaire (tc). (Franz et al. 2009)

1.5.6 Varice du trayon

Une varice est une veine dilatée et déformée de façon permanente. Les veines du cercle veineux de Fürstenberg sont propices à former des varices et gênent l'écoulement du lait par obstruction de la citerne papillaire à la base du trayon (Couture et Mulon 2005; Lardé et al. 2013) (Fig. 48 et 49).

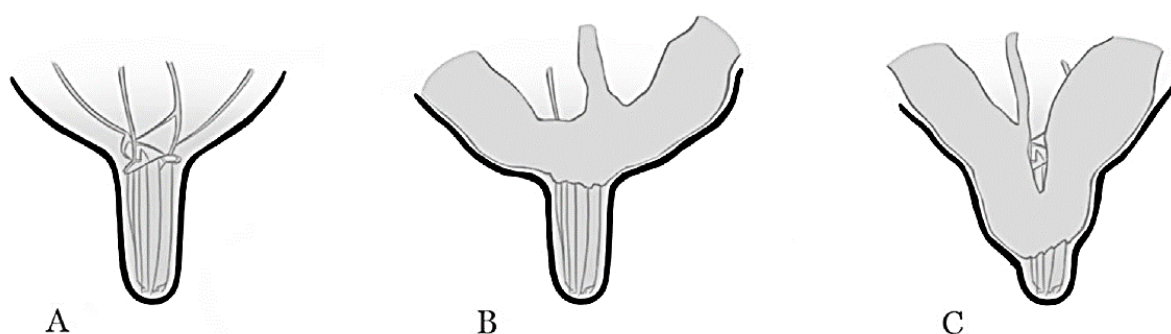


Figure 48 : Schéma de varice du trayon. (A) Veines normales (B) Varice à la base du trayon (C) Varice en « U » au niveau de la citerne papillaire. (Lardé et al. 2013)

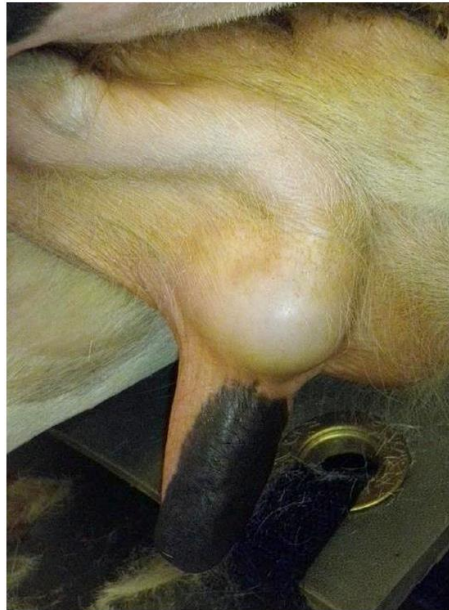


Figure 49 : Varice à la base d'un trayon de vache. (Lardé et al. 2013)

D'après Lardé et al. (2013), l'échographie est la méthode d'imagerie de choix dans le diagnostic des varices du trayon. Elle permet d'identifier la varice et ses conséquences sur la citerne papillaire avec la même sensibilité que la thélographie (radiographie du trayon avec produit de contraste dans la citerne) tout en étant moins invasive, plus rapide et plus pratique.

A l'échographie, on peut distinguer des vaisseaux anormalement dilatés, un rétrécissement du diamètre de la citerne papillaire, ou même un « U » hypoéchogène à la base du trayon, très caractéristique (Couture et Mulon 2005; Lardé et al. 2013) (Fig. 50).

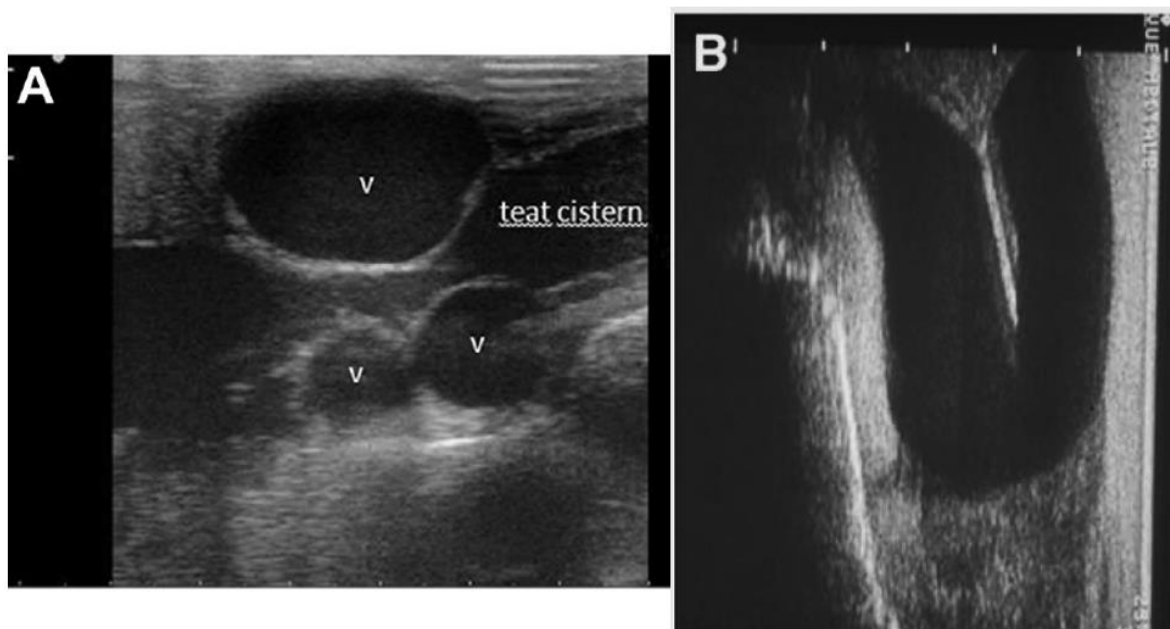


Figure 50 : Images échographiques de varices du trayon. (A) Vaisseaux dilatés (v) obstruant en partie la citerne papillaire (teat cistern) (Lardé et al. 2013). (B) Varice formant un « U » hypoéchogène à la base du trayon. (Couture et Mulon 2005)

1.5.7 Trayon surnuméraire, trayon accessoire et fistule du trayon

La présence de trayons surnuméraires est l'anomalie congénitale la plus fréquente chez la vache. Elle est héréditaire. (Couture et Mulon 2005; Divers et al. 2007; Roberts et Fishwick 2010).

Les trayons surnuméraires peuvent gêner la traite, favoriser l'apparition de mammite si du lait s'en écoule et poser un problème esthétique. C'est pourquoi leur retrait chirurgical est conseillé (Fubini et Ducharme 2004; Roberts et Fishwick 2010).

Un trayon accessoire est un trayon surnuméraire rattaché à un trayon principal et possédant une glande accessoire. Parfois, glande accessoire et glande principale communiquent. Le trayon accessoire peut former une bosse sur le trayon principal (Fig. 51) ou ne comporter qu'un orifice. Il faudra alors le différencier d'une fistule du trayon (Fubini et Ducharme 2004).



Figure 51 : Trayon accessoire sur une vache laitière. (Fubini et Ducharme 2004)

Une fistule de trayon est généralement secondaire à la cicatrisation par seconde intention d'une lacération. C'est une ouverture secondaire sur la citerne papillaire d'un trayon, sans conduit papillaire ni sphincter (Couture et Mulon 2005). L'écoulement constant de lait au travers de la fistule prédispose le quartier concerné aux infections (Divers et al. 2007) (Fig. 52).

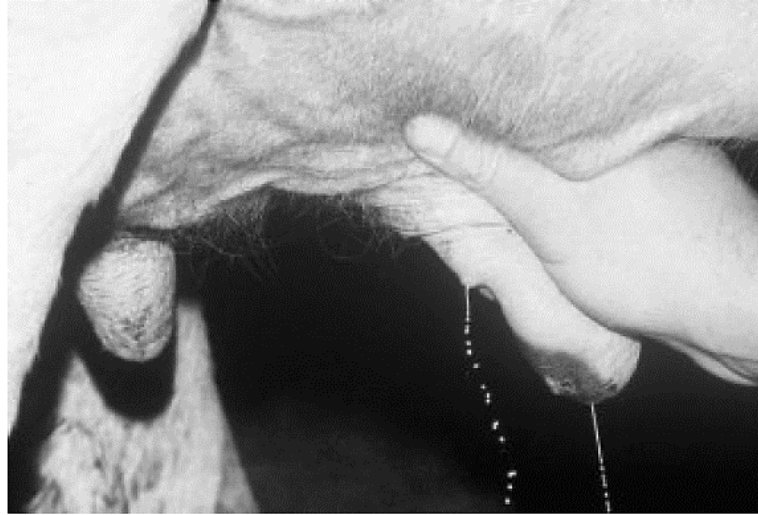


Figure 52 : Fistule sur un trayon de vache laitière. (Divers et al. 2007)

L'échographie permet de différencier un trayon accessoire d'une fistule et ainsi d'adapter la prise en charge chirurgicale. Dans le cas d'un trayon accessoire, on verra à l'échographie les deux citernes papillaires et le septum les séparant (Couture et Mulon 2005) (Fig. 53).

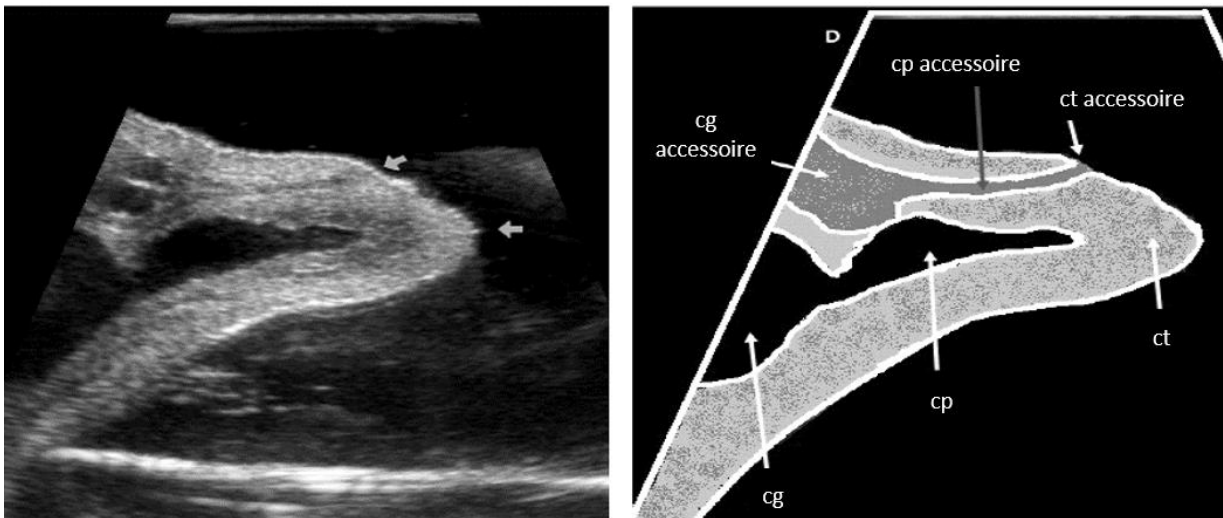


Figure 53 : Aspect échographique d'un trayon accessoire de vache. (cg) citerne glandulaire, (cp) citerne papillaire, (ct) canal du trayon. (Vasanth et al. 2018)

2. APPORT PRATIQUE DE L'ÉCHOGRAPHIE : CAS CLINIQUE

2.1. Matériel et méthodes

Le cas clinique présenté a pour but d'illustrer l'utilisation de l'échographie lors d'affections de la mamelle.

Pour ce dossier, les informations collectées sont :

- Numéro de dossier, numéro d'identification national, race, date de naissance, date de début des signes cliniques et d'admission à l'ENVV.
- Principales anomalies notées par le vétérinaire traitant et/ou lors de l'examen clinique d'admission.
- Les examens effectués sur le lait.
- Les résultats des examens biochimiques et/ou hématologiques.
- L'examen échographique et ses conclusions.
- Le devenir de l'animal : retour dans son élevage ou euthanasie, avec conclusions de l'examen nécropsique s'il a eu lieu.

Les échographies ont été réalisées à l'aide d'un échographe MyLabTMFive produit par Esaote associé à une sonde convexe semi-circulaire (Fig. 54). La technique d'échographie est celle décrite dans le chapitre 1.3 de ce document.



Figure 54 : Échographe Esaote MyLabTMFive associé à une sonde convexe. (<https://www.esaote.com>)

2.2. Cas d'une mammite avec abcès multiples

Commémoratifs et anamnèse

Une vache laitière Prim'Holstein de 10 ans (vêlage fin février) est référée à l'ENVT le 3/04/2018 par son vétérinaire traitant pour une mammite puerpérale évoluant depuis six semaines sans réponse au traitement mis en place.

Les symptômes, associant signes locaux et atteinte de l'état général, ont débuté aux alentours du vêlage et sont évocateurs d'une mammite à coliformes d'après le vétérinaire traitant.

Le traitement mis en place est à la fois symptomatique et étiologique : fluidothérapie, antipyrétique, anti-inflammatoires et antibiotiques locaux et généraux, et finalement tarissement chimique du quartier atteint avec du Lotagen ND (policrésulène).

Parallèlement, la vache a développé une métrite post-partum résolue par l'administration de prostaglandines, de corticostéroïdes et d'antibiotiques.

Malgré le traitement de la mammite, l'état général ne s'est pas amélioré et le pis est resté douloureux. D'autre part, la vache présentant de la polydipsie, une insuffisance rénale est suspectée. La vache ayant une forte valeur sentimentale, elle est référée à l'ENVT pour améliorer son état clinique même si cela induit la perte de sa capacité laitière.

Anomalies à l'examen clinique d'admission

À son arrivée, la vache présente une mammite clinique sévère concernant le quartier caudal gauche. Le quartier et le trayon sont indurés et chauds, le lait est grumeleux et couleur crème. À ces signes locaux s'ajoutent un amaigrissement, une hyperthermie, une atonie ruminale et de la diarrhée.

Résultats des analyses sanguines : biochimie (le 6/04/2018) et hématologie (le 24/05/2018)

Hyperprotéïnémie (91,3 g/L, valeurs usuelles 58-75 g/L) associée à une albuminémie normale (24,8 g/L, valeurs usuelles 24-35 g/L) révélant une hyperglobulinémie (protéines totales – albumine, 66,5 g/L, valeurs usuelles 24-40 g/L), signe d'une stimulation antigénique.

Par contre, la quantité de fibrinogène, protéine de l'inflammation, est dans les normes (3,20 g/L, valeurs usuelles 3-7 g/L).

L'urémie est dans les normes (3,3 mmol/L, valeurs usuelles 2,1-7,9).

Une anémie normocytaire normochrome associée à une leucocytose neutrophilique et une lymphopénie est compatible avec un processus inflammatoire ou néoplasique ou un stress corticoïde.

Enfin, des analyses urinaires régulières révèlent une protéinurie constante du 10/04 au 10/06, compatible avec une insuffisance rénale.

Évolution clinique (du 5/04 au 11/06)

Le quartier touché est vidangé régulièrement et un tarissement chimique au Lotagen ND (policrésulène) est réalisé à deux reprises. Malgré cela, la mammite devient chronique et des abcès mammaires apparaissent à la surface du quartier. Ceux-ci sont ponctionnés, vidangés, et régulièrement rincés. Une ligature des vaisseaux mammaires est réalisée le 3/05. La mamelle est finalement asséchée et l'apparition d'abcès cesse. Une échographie mammaire de contrôle est alors réalisée le 12/06 (Fig. 55 à 57).

Examen échographique (le 12/06/2018)

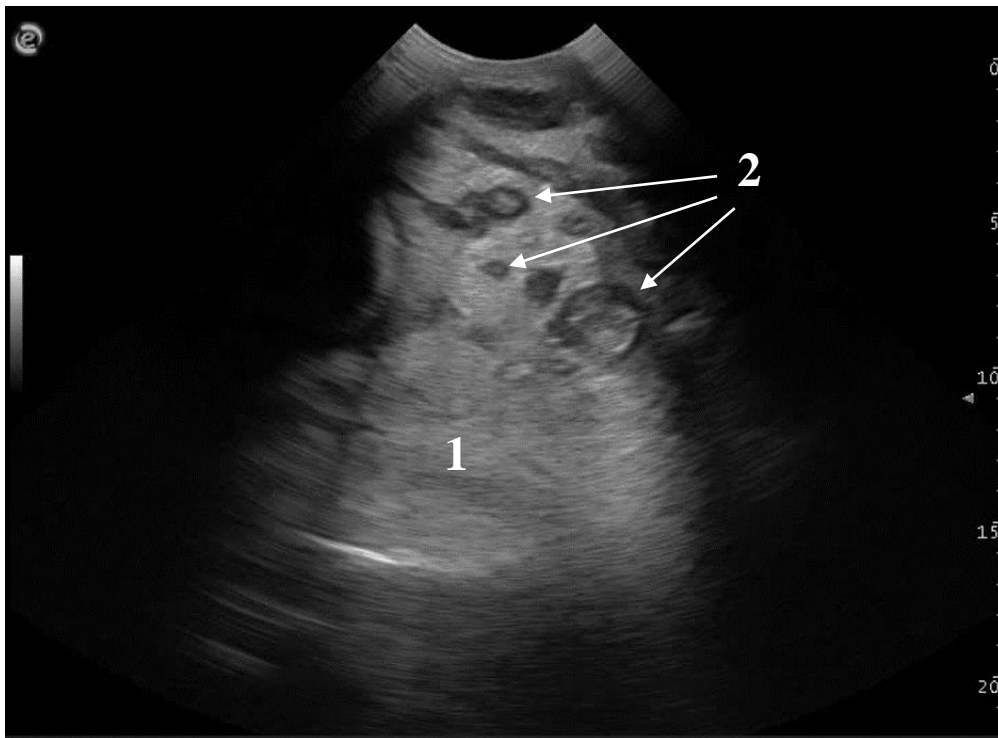


Figure 55 : Aspect échographique du quartier atteint. (1) Parenchyme mammaire (2) Abcès mammaires. (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)

De multiples structures rondes de tailles variables sont visibles dans le parenchyme mammaire. Leurs contours sont bien délimités. Leur contenu est hétérogène : un centre plutôt écho-gène est entouré par une couronne anécho-gène. Ces structures ont un aspect caractéristique d'abcès. Le parenchyme mammaire est hyperécho-gène (Fig. 55). Un abcès plus volumineux, d'environ 5 cm de diamètre contient des amas écho-gènes, certainement du pus (Fig. 56).

Les autres quartiers en revanche ont un aspect échographique normal, le parenchyme est peu écho-gène et homogène, les vaisseaux sanguins et canaux lactifères sont bien visibles (Fig. 57).

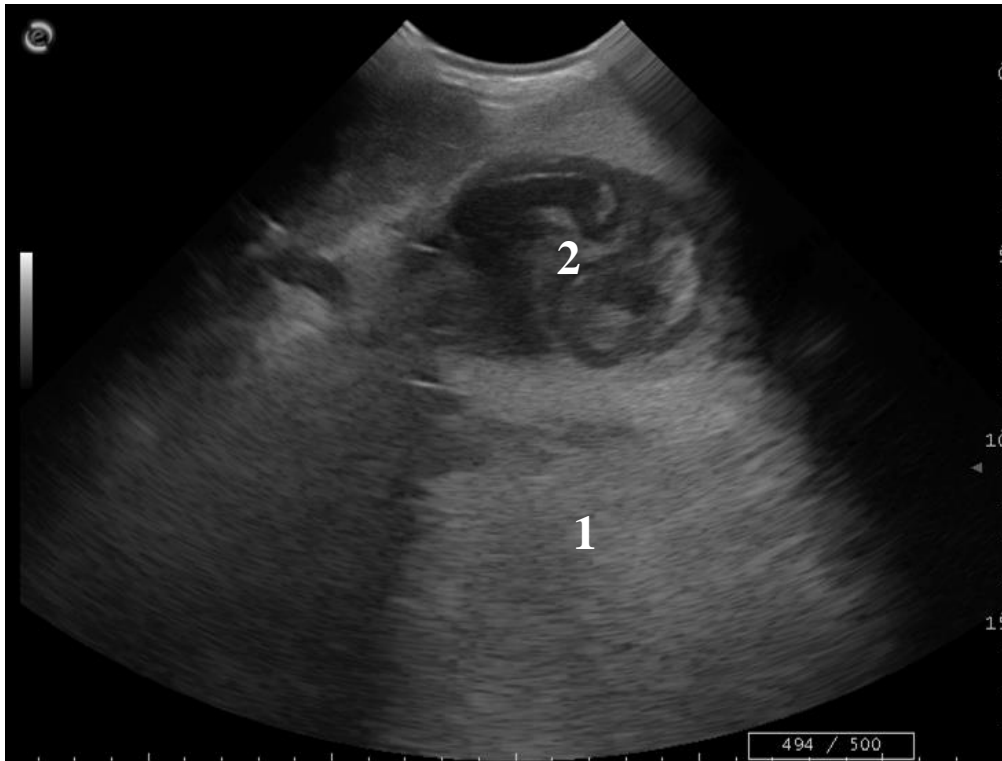


Figure 56 : Aspect échographique d'un des abcès mammaires. (1) Parenchyme mammaire (2) Abcès. (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)

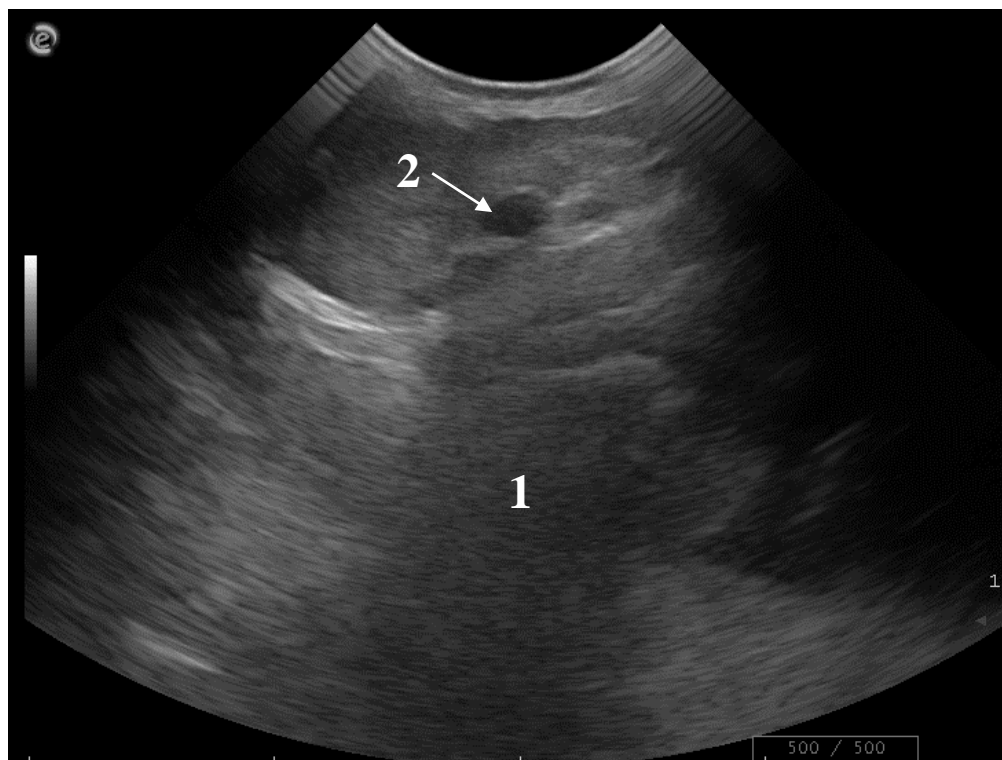


Figure 57 : Aspect échographique d'un quartier non touché. (1) Parenchyme mammaire (2) Vaisseau sanguin ou canal lactifère. (Unité de Pathologie des Ruminants, ENVT)

Conclusion du cas et discussion

De multiples abcès mammaires sont toujours présents en profondeur dans le parenchyme glandulaire du quartier caudal gauche. Les autres quartiers semblent en revanche sains à l'échographie et leur structure normale est conservée.

Devant l'absence d'amélioration, la vache finira quand même par retourner dans son élevage et la suite nous est malheureusement inconnue.

Bien que l'échographie ne permette pas d'identifier avec certitude un agent étiologique, de tels abcès sont plutôt compatibles avec une infection par *S. aureus* ou *A. pyogenes*, ce qui assombrit le pronostic. Effectivement le taux de guérison bactériologique à *S. aureus* en période de lactation avoisine les 30% seulement (Andrews 2004; Scott et al. 2011). Dans le cas d'une mammite à *A. pyogenes* (aussi appelée « mammite d'été »), la guérison est difficile une fois que l'abcédation a eu lieu, et la fonction du quartier est généralement perdue (Divers et al. 2007). D'une manière générale, les abcès et le pus qu'ils contiennent sont des foyers infectieux difficiles à atteindre médicalement, leur présence n'améliore donc pas le pronostic.

L'examen échographique a permis de mettre en évidence la persistance d'un foyer infectieux, d'évaluer l'étendue des lésions tissulaires mammaires et de préciser le pronostic. Dans le cas d'une hospitalisation plus longue ou d'une guérison, elle aurait pu permettre de suivre l'évolution du quartier touché et d'évaluer les séquelles.

En cas d'euthanasie, il aurait été intéressant de pouvoir comparer lésions nécropsiques et images échographiques afin de vérifier leur correspondance.

3. DISCUSSION

Comme nous l'avons montré, l'échographie est un examen complémentaire utile dans l'identification et la différenciation des lésions, l'évaluation des conséquences tissulaires des mammites sur le parenchyme glandulaire et le trayon ainsi que la vérification de l'absence de séquelles après le traitement, l'évaluation post-chirurgicale des retraits de sténose de trayon ou le guidage du praticien dans le drainage des abcès.

En plus de ses intérêts cliniques, l'examen échographique du pis est très peu invasif et facile à mettre en œuvre. En effet, l'absence de rayons ionisants comme en radiographie n'impose pas de mesures protectrices, les femelles laitières sont accoutumées aux manipulations de la mamelle et du trayon donc cet examen suscite peu de stress et aucune sédation n'est nécessaire, d'autant plus que l'échographie étant un examen dynamique en temps réel, de légers mouvements du patient ne sont pas gênants.

D'autre part, la glande mammaire et le trayon sont des structures anatomiques assez simples et directement accessibles, l'obtention et l'interprétation des images échographiques ne demandent donc pas une formation aussi poussée que pour l'échocardiographie par exemple. Enfin, les échographes portables sont légers et facilement transportables, et des images tout à fait satisfaisantes peuvent être obtenues avec une sonde linéaire à une fréquence comprise entre 5 et 7,5 Mhz, classiquement utilisée par les vétérinaires ruraux pour les suivis de reproduction.

Cependant, l'utilisation de l'échographie dans la gestion des affections du pis des ruminants est peu répandue, comme en témoigne le faible nombre de cas cliniques que nous avons pu recueillir.

L'examen échographique de la glande mammaire est en particulier beaucoup moins pratiqué chez les ruminants que chez d'autres espèces. Chez les carnivores domestiques, une échographie est souvent réalisée dans le cadre du diagnostic et de l'évaluation de tumeurs mammaires (Nyman et al. 2006a, 2006b), fréquentes chez la chienne ou la chatte mais très rares chez les ruminants (Divers et al. 2007). Chez la femme, l'échographie peut compléter la mammographie chez certaines patientes atteintes de cancer du sein (Lee et al. 2010).

Par ailleurs, l'échographie manque de sensibilité dans l'évaluation de l'intégrité du conduit papillaire, sa structure étant très mince il est difficile d'obtenir des images avec une bonne résolution (Dinç et al. 2000). D'autre part, elle reste un examen complémentaire assez coûteux, et sa réalisation nécessite du calme et du temps, ce dont le praticien ne dispose pas toujours.

D'autres techniques d'imagerie de la mamelle et du trayon existent. La radiographie de contraste, réalisée après injection d'un agent de contraste dans les sinu lactifères, permet de visualiser des régions de fibrose dans les citernes glandulaire et papillaire, des occlusions, des déchirements de la muqueuse ou des modifications de la rosette de Fürstenberg (Fig. 58) (Frémont et al. 2002; Couture, Mulon 2005).

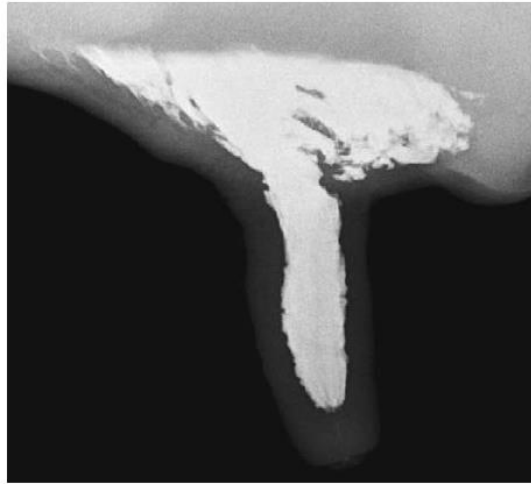


Figure 58 : Radiographie de contraste d'un quartier et d'un trayon sains. (Couture, Mulon 2005)

Bien qu'intéressante dans l'exploration de la partie distale du trayon, la radiographie serait peu performante pour visualiser sa partie proximale (Frémont et al. 2002). D'autre part, elle n'est pas plus sensible que l'échographie dans la détection de la plupart des lésions et pose le problème des rayons ionisants.

L'endoscopie du trayon, aussi appelée théloscopie, permet la visualisation directe des cavités internes du trayon, du conduit papillaire à la base du trayon. Elle peut se faire via le conduit papillaire ou par voie latérale, en insérant un trocart dans la paroi du trayon. La voie latérale permet l'observation de la rosette de Fürstenberg (Fig. 59) (Couture, Mulon 2005).

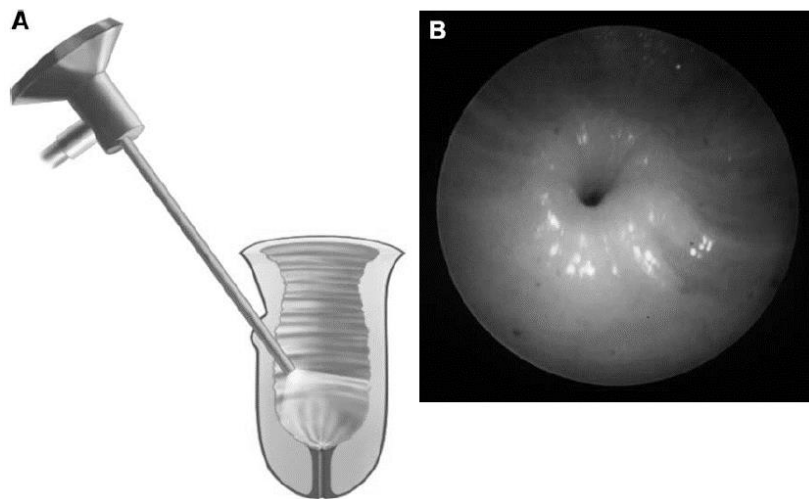


Figure 59 : Endoscopie du trayon par voie latérale (A) et visualisation de la rosette de Fürstenberg (B). (Geishauser et al. 2005)

L'endoscopie semble être la méthode d'imagerie la plus performante dans la détection et l'identification de la nature des lésions internes du trayon, surtout pour celles concernant le canal du trayon (Fig. 60) (Frémont et al. 2002). D'autre part, son avantage est aussi thérapeutique, puisqu'elle permet d'effectuer des interventions chirurgicales sous contrôle visuel (Geishauser et al. 2005). Toutefois elle est plus invasive, plus difficile à mettre en place et plus coûteuse que l'échographie.

Localisation de la sténose	Sensibilité de la méthode utilisée				
	Diagnostic clinique	Echographie	Radiographie	Endoscopie	
Canal du trayon	73 %	0 %	17 %	50 %	100 %
Rosette de Fürstenberg	77 %	80 %	100%	96 %	100 %
Citerne du trayon	100 %	100%	100 %	100 %	100 %
Base du trayon	100 %	100 %	100 %	21 %	100 %

Figure 60 : Comparaison de la sensibilité de différentes méthodes de diagnostic de sténose du trayon en fonction de la localisation de la sténose, d'après des résultats de Kiossis (2000) et de Stocker et al. (1989). (Frémont et al. 2002)

Finalement l'échographie nous paraît être un bon compromis entre sensibilité de la méthode et praticité de sa mise en œuvre.

Certains auteurs se sont attachés à comparer les images échographiques de la mamelle et du trayon, qu'ils soient sains ou non, avec des coupes anatomiques ou des examens histologiques, permettant ainsi de valider la pertinence des conclusions de l'examen échographique (Ruberte et al. 1994; Mavrogianni et al. 2004; Fasulkov et al. 2014; 2015; Adam et al. 2017). Il aurait été intéressant de faire de même dans ce travail, mais l'absence de cas cliniques aboutissant à un examen nécropsique ne nous l'a pas permis.

En particulier, il serait intéressant d'évaluer l'utilité de l'échographie en tant qu'outil d'aide au pronostic et donc à la réforme des ruminants atteints de mammites. Comparer les examens échographiques de suivi avec la quantité de lait produit, les comptages cellulaires, et les lésions tissulaires observées en cas de réforme permettrait peut-être d'associer aspect échographique du parenchyme glandulaire en fin de traitement et probabilité de retour à la production laitière antérieure.

CONCLUSION

L'échographie est un examen complémentaire pouvant judicieusement compléter l'examen clinique, les analyses du lait et le sondage du trayon lors d'affection de la mamelle ou du trayon. C'est une méthode d'imagerie reposant sur les propriétés des ultrasons permettant de visualiser indirectement les structures internes du pis. Elle se réalise grâce à une sonde convexe ou à une sonde linéaire, couramment utilisée lors d'examen de l'appareil reproducteur. L'examen de la mamelle se fait en posant directement la sonde sur la peau et demande une fréquence inférieure ou égale à 5 MHz. L'examen du trayon nécessite des fréquences un peu plus élevées, aux alentours de 7,5 MHz, et se fait après immersion du trayon dans un récipient rempli d'eau.


L'échographie de la mamelle permet principalement d'identifier des masses (abcès, hématomes) et les conséquences tissulaires d'une mammite (œdème sous-cutané, modification du parenchyme glandulaire). L'échographie du trayon est un outil précieux dans le diagnostic des causes de perturbations du flux de lait. Elle aide le praticien à déterminer la nature et la localisation précise des sténoses afin d'adopter la prise en charge la plus adaptée. Toutefois, elle est peu sensible en cas de lésion du canal du trayon, et dans ce cas l'endoscopie sera plus appropriée.

Bien que peu utilisée dans la prise en charge des pathologies non cutanée du pis des ruminants, l'échographie est un examen complémentaire non invasif et facile à réaliser apportant des informations utiles aussi bien lors de la démarche diagnostique que dans l'établissement d'un pronostic. Il serait donc tout à fait pertinent de rendre son utilisation plus courante.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire

Je soussigné, **Renaud MAILLARD**, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **Marion DURAND** intitulée « **Echographie de la mamelle et du trayon chez les ruminants** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.


Fait à Toulouse, le 16 novembre 2018
Professeur Renaud MAILLARD
Enseignant chercheur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse


Vu : 27-11-2018
La Directrice de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Isabelle CHMITELIN



Pour la Directrice et par délégation,
le Directeur Scientifique
François SCHELCHER

Vu : 22/11/18
Le Président du jury :
Professeur Isabelle BERRY


Faculté de Médecine Rangueil
Biophysique Médicale - CHU Rangueil
1, avenue Jean Poulhès - TSA 50032
31059 TOULOUSE Cedex

Vu et autorisation de l'impression :
Président de l'Université
Paul Sabatier
Monsieur Jean-Pierre VINEL

Le Président de l'Université Paul Sabatier
par délégation,
La Vice-Présidente de la CFVU


Régine ANDRE-OBRECHT

Mlle Marion DURAND
a été admis(e) sur concours en : 2013
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le : 04/07/2017
a validé son année d'approfondissement le : 15/11/2018
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

BIBLIOGRAPHIE

ADAM, Z, RAGAB, G, AWAAD, A, TAWFIEK, M et MAKSOUUD, M, 2017. Gross anatomy and ultrasonography of the udder in goat. *Journal of Morphological Sciences*. 2017. Vol. 34, n° 3, pp. 137-142.

ANDREWS, AH, 2004. *Bovine medicine : Diseases and Husbandry of Cattle*. 2è édition. Oxford : Blackwell Science. ISBN 978-0-632-05596-8. 1218 p.

AYADI, M, CAJA, G, SUCH, X et KNIGHT, CH, 2003. Use of ultrasonography to estimate cistern size and milk storage at different milking intervals in the udder of dairy cows. *Journal of Dairy Research*. 2003. Vol. 70, n° 1, pp. 1-7.

BARONE, R, 2001. *Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 4, Splanchnologie II*. Paris : Vigot. ISBN 2-7114-8188-3. 896 p.

BARRIE SMITH, N et WEBB, A, 2011. Ultrasound imaging. In : *Introduction to medical imaging, Physics, Engineering and Clinical Applications*. New-York : Cambridge University Press. pp. 145-204.

BERGONIER, D, DE CRÉMOUX, R, RUPP, R, LAGRIFFOUL, G et BERTHELOT, X, 2003. Mastitis of dairy small ruminants. *Veterinary Research*. 2003. Vol. 34, n° 5, pp. 689-716.

BLOND, L et BUCZINSKI, S, 2009. Basis of Ultrasound Imaging and the Main Artifacts in Bovine Medicine. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2009. Vol. 25, n° 3, pp. 553-565.

CARTEE, RE, IBRAHIM, AK et MCLEARY, D, 1986. B-mode ultrasonography of the bovine udder and teat. *J Am Vet Med Assoc*. 1986. Vol. 188, n° 11, pp. 1284-1287.

CNIEL, 2017. *La filière laitière française en chiffres* [en ligne]. 2017. [Consulté le 17 octobre 2018]. Disponible à l'adresse : <http://www.filiere-laitiere.fr/fr/chiffres-cles/filiere-laitiere-francaise-en-chiffres>

CONDINO, MP, AJITO, T, SATO, K, HYAKUTAKE, K, SUZUKI, K et TAGUCHI, K, 2012. Milk-flow, ultrasonographic, thelosopic, and histopathological characteristics of the teat in cows with toxic mastitis. *Research in Veterinary Science*. 2012. Vol. 93, n° 2, pp. 865-871.

CONDINO, MP, SUZUKI, K, SATO, K, HYAKUTAKE, K et TAGUCHI, K, 2010. Evaluation of a milk-flow assessment technique in dairy cows with normal teat canals or stenotic teat canals. *American Journal of Veterinary Research*. 2010. Vol. 71, n° 10, pp. 1123-1126.

COUTURE, Y et MULON, PY, 2005. Procedures and surgeries of the teat. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2005. Vol. 21, n° 1, pp. 173-204.

DINÇ, DA, SENDAG, S et AYDIN, I, 2000. Diagnosis of teat stenosis in dairy cattle by real-time ultrasonography. *Veterinary Record*. 2000. Vol. 147, pp. 270-272.

DIVERS, TJ, REBHUN, WC et PEEK, SF, 2007. *Rebhun's diseases of dairy cattle*. 2è édition. St. Louis : Elsevier. ISBN 978-1-4160-3137-6. 686 p.

- FASULKOV, I, GEORGIEV, P, WEHREND, A et GOERICKE-PESCH, S, 2014. Ultrasonographic findings of pathological changes in the mammary gland in Bulgarian native goats. *Small Ruminant Research*. 2014. Vol. 120, n° 1, pp. 174-180.
- FASULKOV, I, KARADAEV, M, VASILEV, N, SIMEONOV, R, URUMOVA, V et MLADENOVA, E, 2015. Ultrasound and histopathological investigations of experimentally induced *Staphylococcus aureus* mastitis in goats. *Small Ruminant Research*. 2015. Vol. 129, pp. 114-120.
- FASULKOV, IR, GEORGIEV, PI, ANTONOV, AL et ATANASOV, AS, 2010. B-mode ultrasonography of mammary glands in goats during the lactation period. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*. 2010. Vol. 13, n° 4, pp. 245-251.
- FASULKOV, IR, 2012. Ultrasonography of the mammary gland in ruminants : a review. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*. 2012. Vol. 15, n° 1, pp. 1-12.
- FLÖCK, M et WINTER, P, 2006. Diagnostic ultrasonography in cattle with diseases of the mammary gland. *The Veterinary Journal*. 2006. Vol. 171, n° 2, pp. 314-321.
- FRAGKOU, IA, BOSCOS, CM et FTHENAKIS, GC, 2014. Diagnosis of clinical or subclinical mastitis in ewes. *Small Ruminant Research*. 2014. Vol. 118, n° 1-3, pp. 86-92.
- FRANZ, S, BAUMGARTNER, W, HOFMANN-PARISOT, M, WINDISCHBAUER, G, SUCHY, A et BAUDER, B, 2001. Ultrasonography of the teat canal in cows and sheep. *Veterinary Record*. 2001. Vol. 149, n° 4, pp. 109-112.
- FRANZ, S, FLOEK, M et HOFMANN-PARISOT, M, 2009. Ultrasonography of the Bovine Udder and Teat. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2009. Vol. 25, n° 3, pp. 669-685.
- FRANZ, S, HOFMANN-PARISOT, M, GÜTLER, S et BAUMGARTNER, W, 2003. Clinical and ultrasonographic findings in the mammary gland of sheep. *New Zealand Veterinary Journal*. 2003. Vol. 51, n° 5, pp. 238-243.
- FRÉMONT, A, BERGONIER, D, BERTHELOT, X, BRAUN, J, KIOSSIS, E et PICARD-HAGEN, N, 2002. Intérêt de l'endoscopie pour le diagnostic et le traitement des sténoses du trayon chez la vache laitière : étude d'un cas clinique. *Revue Méd. Vét.* 2002. Vol. 153, n° 1, pp. 41-47.
- FUBINI, SL et DUCHARME, NG, 2004. *Farm animal surgery*. St. Louis, Mo : Saunders. ISBN 0-7216-9062-9. 607 p.
- GEISHAUSER, T, QUERENGÄSSER, K et QUERENGÄSSER, J, 2005. Teat endoscopy (theloscopy) for diagnosis and therapy of milk flow disorders in dairy cows. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2005. Vol. 21, n° 1, pp. 205-225.
- HENDEE, WR et RITENOUR, ER, 2002. *Medical Imaging Physics*. New York, USA : John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0-471-38226-4. 502 p.
- HERRING, DS et BJORNTON, G, 1985. Physics, Facts, and Artifacts of Diagnostic Ultrasound. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1985. Vol. 15, n° 6, pp. 1107-1122.

- HUSSEIN, HA, EL-KHABAZ, KAS et MALEK, SF, 2015. Is udder ultrasonography a diagnostic tool for subclinical mastitis in sheep? *Small Ruminant Research*. 2015. Vol. 129, pp. 121-128.
- ISMAIL, ZB, ALEKISH, M et AL-SHEYAB, O, 2016. Relationships between somatic cell count and certain udder and teat echo-morphometric measurements in mastitis caused by *Staphylococcus aureus* in Awassi sheep. *Revue Méd. Vét.* 2016. Vol. 167, n° 1-2, pp. 33-37.
- JOHN, H, HÄSSIG, M, GOBET, D, SICHER, D et JAEGER, P, 1998. A new operative method to treat high teat stenoses in dairy cows. *British Journal of Urology*. 1998. Vol. 82, n° 6, pp. 906-909.
- KHOL, JL, FRANZ, S, KLEIN, D, LEXER, D, WAIBLINGER, S, LUGER, K et BAUMGARTNER, W, 2006. Influence of milking technique and lactation on the bovine teat by means of ultrasonographic examination. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr.* 2006. Vol. 119, n° 1-2, pp. 68-73.
- KIRBERGER, RM, 1995. Imaging artifacts in diagnostic ultrasound: A review. *Veterinary Radiology and Ultrasound*. 1995. Vol. 36, n° 4, pp. 297-306.
- KLEIN, D, FLÖCK, M, LORENZ KHOL, J, FRANZ, S, PETER STÜGER, H et BAUMGARTNER, W, 2005. Ultrasonographic measurement of the bovine teat: breed differences, and the significance of the measurements for udder health. *Journal of Dairy Research*. 2005. Vol. 72, n° 3, pp. 296-302.
- LARDÉ, H, NICHOLS, S, DESROCHERS, A, BABKINE, M, FRANCOZ, D, MULON, PY et COUTURE, Y, 2013. Milk flow obstruction caused by varicose vein of the teat in dairy cattle. *Veterinary Surgery*. 2013. Vol. 42, n° 7, pp. 885-891.
- LAYSSOL-LAMOUR, C, 2017. *Du son à l'image: comprendre l'origine de l'image échographique*. 2017. Document pédagogique ENVT. 78 p.
- LEE, CH, DERSHAW, D, KOPANS, D, EVANS, P, MONSEES, B, MONTICCILOLO, D, BRENNER, RJ, BASSETT, L, BERG, W, FEIG, S, HENDRICK, E, MENDELSON, E, D'ORSI, C, SICKLES, E, BURHENNE, LW, 2010. Breast cancer screening with imaging: recommendations from the society of breast imaging and the ACR on the use of mammography, breast MRI, breast ultrasound, and other technologies for the detection of clinically occult breast cancer. *Journal of the American College of Radiology*. 2010. Vol. 7, n°1, pp. 18-27.
- MATTOON, JS et NYLAND, TG, 2015. *Small animal diagnostic ultrasound*. 3è édition. St. Louis : Elsevier. ISBN 978-1-4160-4867-1. 667 p.
- MAVROGIANNI, VS, FTHENAKIS, GC, BURRIEL, AR, GOULETSOU, P, PAPAIOANNOU, N et TAITZOGLU, IA, 2004. Experimentally Induced Teat Stenosis in Dairy Ewes: Clinical, Pathological and Ultrasonographic Features. *Journal of Comparative Pathology*. 2004. Vol. 130, n° 1, pp. 70-74.
- MAVROGIANNI, VS et FTHENAKIS, GC, 2007. Clinical, bacteriological, cytological and pathological features of teat disorders in ewes. *Journal of Veterinary Medicine*. 2007. Vol. 54, n° 4, pp. 219-223.

- NYMAN, HT, KRISTENSEN, AT, LEE, MH, MARTINUSSEN T, MCEVOY, FJ, 2006. Characterization of canine superficial tumors using Gray-scale b mode, color flow mapping, and spectral Doppler ultrasonography—a multivariate study. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2006. Vol. 47, No. 2, pp 192–198.
- NYMAN, HT, NIELSEN, OL, KRISTENSEN, AT, LEE, MH, MARTINUSSEN T, MCEVOY FJ, HELLMEN, E, 2006. Comparison of B-mode and Doppler ultrasonographic findings with histologic features of benign and malignant mammary tumors in dogs. *Am J Vet Res*. 2006. Vol. 67, pp. 985–991.
- PAVAUX, C, 2001. *Splanchnologie des animaux domestiques : fascicule II, appareil urogénital*. Document pédagogique ENVV. 198 p.
- POMMIER, A, 2009. *Splanchnologie abdominale bovine [en ligne]*. 2009. Disponible sur : http://theses.vet-alfort.fr/Th_multimedia/Splanchnologie/pages/index.htm (consulté le 26/09/2018).
- RAINARD, P, CUNHA, P, LEDRESSEUR, M, STAUB, C, TOUZÉ, JL, KEMPF, F, GILBERT, F et FOUCRAS, G, 2015. Antigen-Specific Mammary Inflammation Depends on the Production of IL-17A and IFN- γ by Bovine CD4+ T Lymphocytes. *PLoS ONE*. 2015. Vol. 10, n° 9.
- RAMBABU, K, SREENU, M, KUMAR, S et RAO, TSC, 2008. Ultrasonography of the udder and teat in buffaloes : a comparison of four methods. *Buffalo Bulletin*. 2008. Vol. 27, n° 4, pp. 269–273.
- REEF, VB, 1998. *Equine Diagnostic Ultrasound*. 1^è édition. Philadelphia : Saunders. ISBN 0-7216-5023-6. 580 p.
- RIVIÈRE, K, AUGIER, G, LECLERC, MC et BOURRIGAN, X, 2013. *Les mammites cliniques, première pathologie en élevage laitier*. 2013. Brochure réalisée dans le cadre du Plan d'Actions du Contrôle de Performances Lait du Système de Management de la Qualité.
- ROBERTS, J et FISHWICK, J, 2010. Teat surgery in dairy cattle. *In Practice*. 2010. Vol. 32, n° 8, pp. 388-396.
- RUBERTE, J, CARRETERO, A, FERNÁNDEZ, M, NAVARRO, M, CAJA, G, KIRCHNER, F et SUCH, X, 1994. Ultrasound mammography in the lactating ewe and its correspondence to anatomical section. *Small Ruminant Research*. 1994. Vol. 13, n° 2, pp. 199-204.
- SCOTT, PR, PENNY, CD et MACRAE, AI, 2011. *Cattle medicine*. 1^è édition. Londres : Manson Publishing. ISBN 978-1-84076-127-6. 288 p.
- SCOTT, PR et SARGISON, ND, 2010. Ultrasonography as an adjunct to clinical examination in sheep. *Small Ruminant Research*. 2010. Vol. 92, n° 1-3, pp. 108-119.
- STAUB, C, TOUZE, JL, BOUTTIER, A, FRERET, S, GILBERT, FB, DUPONT, M, DELANQUE, M, MOUAZE, C, METIVIER, L, BRIANT, E, RENAUD, G, DUPONT, J et RAINARD, P, 2013. Conséquences des mammites cliniques sur la production laitière, la conductivité électrique du lait et la morphologie des trayons et de la glande mammaire de la vache Holstein. *Rencontres autour des recherches sur les ruminants*. 2013. Vol. 20, pp. 391-394.

STREETER, RN et STEP, DL, 2007. Diagnostic Ultrasonography in Ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2007. Vol. 23, n° 3, pp. 541-574.

VASANTH, K, KUMAR, A, FAROOQ, UB, TYAGI, SP et GUPTA, A, 2018. Sonographic findings of congenital bovine teat and udder affections. *Indian Journal of Animal Research*. 2018. Vol. 17, n° 1, pp. 1-4.

ÉCHOGRAPHIE DE LA MAMELLE ET DU TRAYON CHEZ LES RUMINANTS

RÉSUMÉ

Le pis des ruminants est constitué de mamelles, sièges de la production laitière, et de trayons, voies d'éjection du lait. Les affections du pis chez les ruminants affectent la quantité et la qualité du lait produit, impactant ainsi négativement la santé économique des élevages. L'échographie est une méthode d'imagerie reposant sur les propriétés des ultrasons. Chez les ruminants, elle permet notamment de visualiser les structures internes de la mamelle et du trayon, apportant ainsi des informations sur les lésions qui les concernent.

Ce travail présente et illustre la contribution de l'échographie au diagnostic et au pronostic des affections non cutanées de la mamelle et du trayon chez les ruminants. L'anatomie du pis et le principe de l'échographie sont d'abord décrits. Ensuite, la mise en œuvre pratique de l'examen échographique du pis est expliquée, et l'aspect échographique de la mamelle et du trayon sains est détaillé. Enfin, une revue des images échographiques associées aux affections de la mamelle et du trayon est réalisée et un cas clinique illustre l'utilisation de l'échographie lors de pathologie de la mamelle.

MOTS CLÉS

Échographie – Mamelle – Trayon – Ruminant – Sténose – Mammite

ULTRASONOGRAPHY OF THE MAMMARY GLAND AND TEAT IN CATTLE

ABSTRACT

The udder in ruminants is composed of the mammary gland, producing milk, and the teat, responsible for milk ejection. Diseases of the udder in ruminants leads to a loss in milk production and decreases milk quality, therefore leading to a negative economic impact. Ultrasonography is an imaging technique that uses ultrasound properties. In cattle, it makes possible the visualisation of the internal structures of the udder, giving information on the pathological changes that may appear.

This work presents and illustrates the interests of ultrasonography in the diagnosis and the prognosis of udder diseases in cattle. First, udder anatomy and bases of ultrasound imaging are described. Then, ultrasound examination of the udder is explained, and images of the healthy mammary gland and teat are detailed. Finally, ultrasound images of pathologic changes of the udder are shown and a clinical case illustrates the use of ultrasonography in case of disease of the mammary gland.

KEY WORDS

Ultrasonography – Mammary gland – Teat – Cattle – Stenosis – Mastitis