

Table des matières

INTRODUCTION.....	9
1. LES PRINCIPES DE LA FORMATION DE L'IMAGE ECHOGRAPHIQUE..	11
1.1. L'ONDE ULTRASONORE	11
1.1.1. Caractéristiques de l'onde ultrasonore.....	11
1.1.2. Formation de l'onde ultrasonore.....	11
1.2. PROPAGATION DE L'ONDE ULTRASONORE.....	11
1.2.1. Caractéristique du milieu	12
1.2.2. La réflexion des ultrasons	12
1.2.3. Réfraction.....	13
1.2.4. Diffusion	13
1.2.5. Atténuation.....	13
1.3. FORMATION DE L'IMAGE ECHOGRAPHIQUE	14
1.3.1. Traitement des signaux électriques : modes échographiques	14
1.3.1.1. Mode A	14
1.3.1.2. Mode B	14
1.3.1.3. Mode TM	15
1.3.2. Interprétation des images échographiques	15
1.3.2.1. Images de contours et de tissus divers	15
1.3.2.2. Images des liquides et des gaz	15
1.3.2.3. Plans de coupe et orientation conventionnelle des coupes	16
1.4. QUALITE DE L'IMAGE.....	16
1.4.1. La résolution de l'image	16
1.4.1.1. La résolution axiale.....	16
1.4.1.2. La résolution transversale	17
1.4.1.3. Autre facteur de qualité.....	17
1.4.2. Réglages.....	17
1.4.2.1. L'échelle de profondeur.....	17
1.4.2.2. La focalisation.....	17
1.4.2.3. Les gains	17
1.4.2.5. Le rejet	18
1.5. LES ARTEFACTS	18
1.5.1. Artéfact de réverbération	18
1.5.2. Artéfact en queue de comète.....	19
1.5.3. Cône d'ombre	19
1.5.4. Image en miroir.....	19
1.5.5. Le renforcement postérieur.....	20
1.5.6. Le trou noir échographique.....	20
1.5.7. L'effet de marge.....	20
1.6. SPECIFICITE TECHNIQUE DE L'ECHOGRAPHIE CHEZ LES BOVINS	21
1.6.1. Choix du matériel.....	21
1.6.1.1. Echographes.....	21
1.6.1.2. Type de sonde	21
1.6.2. Contention et préparation de l'animal	22
1.6.3. Difficulté de l'échographie abdominale bovine.....	22
1.7. RAPPEL ANATOMIQUE DE L'APPAREIL DIGESTIF BOVIN.....	22

2. APPORT DE L'ECHOGRAPHIE DANS LE DIAGNOSTIC DE	
PATHOLOGIES DIGESTIVES : ETUDE PAR ORGANE	23
2.1. AFFECTION DES PRE-ESTOMACS ET DE L'ESTOMAC : RESEAU,	
RUMEN, FEUILLET ET CAILLETTE	23
2.1.1. Le réseau	23
2.1.1.1. Obtention de l'image échographique	23
2.1.1.2. Aspect normal à l'échographie	25
2.1.1.3. La réticulo-péritonite traumatique	26
2.1.2. Le rumen	27
2.1.2.1. Obtention de l'image échographique	28
2.1.2.2. Aspect normal à l'échographie	28
2.1.2.3. Anomalie du rumen.....	29
2.1.3. Le feuillet	29
2.1.3.1. Obtention de l'image échographique	29
2.1.3.2. Aspect normal à l'échographie	29
2.1.3.3. Tumeur du feuillet.....	29
2.1.4. La caillette.....	30
2.1.4.1. Obtention de l'image échographique	30
2.1.4.2. Aspect normal à l'échographie	32
2.1.4.3. Le déplacement de la caillette à gauche.....	34
2.1.4.4. La dilatation-torsion de la caillette à droite	36
2.1.4.5. Défaut de vidange de la caillette	36
2.2. AFFECTIONS INTESTINALES	37
2.2.1. L'intestin grêle : le duodénum, le jéjunum et l'iléon.....	37
2.2.1.1. Obtention de l'image échographique	37
2.2.1.2. Aspect normal à l'échographie	39
2.2.1.3. Iléus de l'intestin grêle.....	40
2.2.1.4. Impaction de l'iléon	41
2.2.2. Le caecum	42
2.2.2.1. Obtention de l'image échographique	42
2.2.2.2. Aspect normal à l'échographie	43
2.2.2.3. La dilatation / torsion du caecum.....	43
2.2.3. Le colon.....	44
2.2.3.1. Obtention de l'image échographique	44
2.2.3.2. Aspect normal à l'échographie	45
2.2.3.3. Anomalies du colon	45
2.3. AFFECTIONS DES ANNEXES DIGESTIVES	45
2.3.1. Le foie et la vésicule biliaire	45
2.3.1.1. Obtention des images échographiques.....	46
2.3.1.2. Aspect normal à l'échographie	47
2.3.1.3. Influence de la gestation et de l'âge sur l'aspect du foie	49
2.3.1.4. Abscès hépatique	49
2.3.1.5. Surcharge lipidique	51
2.3.1.6. Affection du système vasculaire hépatique.....	52
2.3.1.7. Cholestase	53
2.3.1.8. Rupture de la vésicule biliaire.....	55
2.3.2. Le pancréas	56
2.3.2.1. Obtention de l'image échographique	56
2.3.2.2. Aspect normal à l'échographieA l'échographie, les portions visibles du pancréas forment une structure triangulaire, proche du foie, de la veine portale, du rein droit et du duodénum	57
2.3.2.3. La pancréatite	58

<i>PHOTOGRAPHIES</i>	59
3. INTERETS ET LIMITES DE L'ECHOGRAPHIE DANS LE DIAGNOSTIC DES AFFECTIONS DIGESTIVES	66
3.1. DES CAPACITES EXPLORATRICES LIMITEES, INHERENTES A SON UTILISATION CHEZ LES BOVINS	66
3.1.1. Les difficultés induites par la taille des animaux.....	66
3.1.1.1. Une profondeur d'exploration limitée	66
3.1.1.2. Une résolution diminuée	66
3.1.1.3. Des paramètres individuels modifiant la difficulté de l'examen	67
3.1.2. Les difficultés induites par des compartiments digestifs très gazeux.....	68
3.2. LES LIMITES DE L'ECHOGRAPHIE COMPAREE A D'AUTRES MOYENS DIAGNOSTIQUES	69
3.2.1. Les limites de l'échographie par rapport à la radiologie dans certaines pathologies	69
3.2.2. Les limites de l'échographie par rapport à la laparotomie exploratrice dans certaines pathologies.	69
3.3. L'ECHOGRAPHIE : UNE TECHNIQUE D'IMAGERIE DE CHOIX POUR LE DIAGNOSTIC DE CERTAINES PATHOLOGIES DIGESTIVES ET POUR EFFECTUER CERTAINS PRELEVEMENTS	70
3.3.1. La technique de choix pour mettre en évidence certaines pathologies.....	70
3.3.1.1. La réticulo-péritonite traumatique	70
3.3.1.2. Les abcès hépatiques.....	70
3.3.1.3. L'infiltration graisseuse du foie	71
3.3.1.4. La cholestase	71
3.3.1.5. La péritonite d'origine digestive.....	71
3.3.1.6. Le déplacement de caillette à gauche	72
3.3.2. Intérêt de l'échographie dans la physiopathologie de certaines affections digestives	72
3.3.3. Les prélèvements écho-guidés, un complément souvent indispensable au diagnostic	73
3.3.3.1. Ponction des abcès hépatiques.....	73
3.3.3.2 La biopsie hépatique	73
3.3.3.3. L'abomasocentèse.....	73
3.3.3.4. La cholécystocentèse	74
3.3.3.5. La biopsie pancréatique	75
3.4. L'ECHOGRAPHIE, UN OUTIL DECISIONNEL DANS LE CHOIX D'INTERVENIR CHIRURGICALEMENT	75
3.4.1. Chirurgie et réticulo-péritonite traumatique	76
3.4.2. Chirurgie et déplacement de caillette.....	76
3.4.3. Chirurgie et iléus de l'intestin grêle.....	76
3.4.4. Chirurgie et pathologie hépatique.....	77
3.4.5. Chirurgie lors d'ascite et d'inflammation de la paroi abdominale	78
3.5 INTERET PRATIQUE DE L'EXAMEN ECHOGRAPHIQUE.....	78
3.5.1. Un examen rapide, et inoffensif.....	78
3.5.2. L'aspect financier	79
3.5.3. Un examen « examinateur-dépendant ».....	79
CONCLUSION	81

BIBLIOGRAPHIE	83
ANNEXE 1 : EXEMPLE D'ECHOGRAPHE DISPONIBLE SUR LE MARCHE.	88
ANNEXE 2 : PLANCHES ANATOMIQUES DES ORGANES DIGESTIFS CHEZ LA VACHE	89
ANNEXE 3 : TABLEAU RECAPITULATIF DE LA LOCALISATION ET DE L'APPARENCE NORMALE DES ORGANES DIGESTIFS LORS DE L'EXAMEN ECHOGRAPHIQUE.	97
ANNEXE 4 : TABLEAU RECAPITULATIF DE L'APPARENCE A L'ECHOGRAPHIE DE CERTAINES AFFECTIONS DIGESTIVES.....	99

Table des illustrations

Figures :

Figure 1 :Les lois de Descartes appliquées à l'échographie	11
Figure 2 : La réflexion type miroir	12
Figure 3 : La diffusion au sein d'un parenchyme	13
Figure 4 : Schématisation du phénomène de réverbération.....	18
Figure 5 : Schématisation de cône d'ombre	19
Figure 6 : Image en miroir	20
Figure 7 :Schématisation du phénomène de renforcement postérieur.....	20
Figure 8 : Aire de projection du réseau chez la vache	23
Figure 9 : Pré-estomacs et estomac d'un bœuf, vue dorsale, après isolement	24
Figure 10 : Zone d'échographie du réseau, abord paramédian côté gauche	24
Figure 11 : Représentation schématique du réseau au repos (A) (à gauche) et au cours d'une contraction (B) (à droite) en coupe transversale et vue crâniale	25
Figure 12 : Conformation extérieure d'un rumen de vache	28
Figure 13 : Examen échographique du rumen, abord gauche,	28
Figure 14 : Topographie de la caillette chez un bovin adulte, vue latérale droite	31
Figure 15 : Représentation schématique de l'échographie de la caillette, depuis le plan médian ventral en vue latérale droite (schéma de gauche), en coupe transversale et vue caudale de l'abdomen (schéma de droite)	31
Figure 16 ; Représentation schématique des mesures effectuées par échographie de la caillette selon une coupe sagittale en vue dorsale	33
Figure 17 : Représentation schématique d'un DCG, visualisé depuis le 12 ^{ème} espace intercostal en coupe transversale et vue caudale de l'abdomen	35
Figure 18 : Représentation schématique de l'échographie du duodénum chez la vache, en vue latérale droite	38
Figure 19 : Représentation schématique des marges ventrales et dorsales des intestins, vue latérale droite	43
Figure 20 : Foie de bovin isolé, face viscérale	46
Figure 21 : Représentation schématique des mesures déterminées par échographie, coupe transversale, vue caudale	47
Figure 22 : Représentation schématique de la compartimentation du rumen.....	68
Figure 23 : Représentation schématique d'une abomasocentèse écho-guidée, vue latérale droite	74

Tableaux :

Tableau 1 : Relation entre la profondeur d'exploration et la fréquence de la sonde.....	14
Tableau 2 : Modifications du réseau observables lors de RPT chez 26 vaches	26
Tableau 3 : Résultats de l'examen échographique de la caillette de 50 vaches	33
Tableau 4 : Dimensions de la caillette mesurées par échographie chez 6 veaux nourris au lait jusqu'à un volume total de 3 litres absorbé	34
Tableau 5 : Comparaison des observations faites entre des vaches atteintes de DCG et des vaches saines	35
Tableau 6 : Localisation des portions d'intestins et fréquence d'observation dans l'étude	38
Tableau 7 : Caractéristiques des iléus visualisés par échographie chez 35 bovins	41
Tableau 8 : Localisation des anses de colon	44
Tableau 9 : Comparaison des caractéristiques de la veine cave caudale et de la veine porte visualisées à l'échographie	48
Tableau 10 : Localisation et aspect échographique d'abcès hépatiques chez 11 vaches	50
Tableau 11 : Causes d'épaississement de la paroi de la vésicule biliaire	54
Tableau 12 : Observations échographiques chez 4 vaches souffrant de cholestase	54
Tableau 13 : Echographie du pancréas depuis la paroi abdominale droite chez 20 vaches	57
Tableau 14 : Moyenne des dimensions dorso-ventrales du pancréas, déterminée par échographie	57

Photographies :

Photo 1 : Aspect normal du réseau	59
Photo 2 : Signes de péritonite entourant le réseau	59
Photo 3 : Image d'adhérences au niveau du réseau	60
Photo 4 : Abcès en zone périréticulaire	60
Photo 5 : Aspect normal de la caillette et de ses plis.....	61
Photo 6 : Aspect du pylore en coupe transversale	61
Photo 7 : Déplacement de la caillette à gauche	62
Photo 8 : Aspect normal d'une anse de duodénum en coupe transversale.....	62
Photo 9 : Image de la dilatation caecale	63
Photo 10 : Aspect normal du parenchyme hépatique	63
Photo 11 : Aspect normal du foie et de la vésicule biliaire	64
Photo 12 : Abcès hépatique pédonculé	64
Photo 13 : Abcès hépatique	65
Photo 14 : Image de péritonite	65

INTRODUCTION

Depuis quelques années, l'échographie est une technique d'imagerie en pleine expansion en médecine vétérinaire. Largement utilisée en médecine des petits carnivores, elle est devenue un complément indispensable à la radiographie et son aide au diagnostic n'est plus à prouver. Les avantages de cette technique, surtout en gynécologie et en pathologie locomotrice, ont progressivement suscité l'intérêt des vétérinaires équin et ruraux.

Actuellement, l'échographie chez les bovins est limitée, le plus souvent, aux examens liés à l'appareil reproducteur. Pourtant, cette technique peut être extrêmement utile dans le diagnostic d'affections digestives, non seulement dans des cliniques spécialisées mais en dehors. L'apparition sur le marché d'échographes portables, ainsi que la large gamme de sondes maintenant disponible, permettent au praticien rural d'accéder à cette technique sur le terrain et d'élargir son utilisation à d'autres domaines que la gynécologie. En effet, face à certaines pathologies digestives, l'échographie permettra d'affirmer, d'infirmer ou de conforter le diagnostic de manière rapide et non invasive.

Après avoir rappelé les bases de la formation des ultrasons et de leur transmission dans la matière, nous nous intéresserons au potentiel diagnostique de l'échographie dans les pathologies digestives chez les bovins, en considérant les différents organes concernés et leurs troubles respectifs. Enfin, nous aborderons les avantages et les limites de cet examen dans l'exploration de la fonction digestive bovine.

1. LES PRINCIPES DE LA FORMATION DE L'IMAGE ECHOGRAPHIQUE

1.1. L'onde ultrasonore

1.1.1. Caractéristiques de l'onde ultrasonore

L'ultrason est un son dont la fréquence est supérieure à 20000 Hz. Il est inaudible pour l'oreille humaine. En échographie vétérinaire, la fréquence des ultrasons utilisés varie, en général, entre 2,5 et 10 MHz.

1.1.2. Formation de l'onde ultrasonore

L'onde ultrasonore est formée par un cristal piézo-électrique contenu dans la sonde de l'échographe. Le cristal piézo-électrique, ou transducteur, convertit l'énergie électrique en ultrasons et vice versa. Il émet des ultrasons à partir d'une impulsion électrique et transforme en courant électrique les ultrasons qui reviennent vers la sonde après avoir été réfléchis. Le cristal piézo-électrique est excité pendant une très courte période généralement de l'ordre de une à deux millisecondes, ce qui provoque une impulsion ultrasonore de deux ou trois cycles. La sonde n'émet donc pas les ultrasons en continu mais en salve. Pendant le reste du temps, la sonde est « à l'écoute » pour capter les ultrasons.

Une partie des échos qui sont produits et qui traversent les tissus reviennent au cristal piézo-électrique produisant ainsi une vibration de ce dernier, ce qui induit un courant électrique : le signal échographique. Ce signal électrique est traité par un logiciel pour être traduit par un point sur l'écran. La position de ce point est fonction du temps que met l'écho à revenir à la sonde et donc de la distance entre la sonde et le tissu ayant donné naissance à l'écho (31, 39, 42, 47, 60).

1.2. Propagation de l'onde ultrasonore

Un écho est un son réfléchi, puis réceptionné par la sonde. Chaque impulsion explore une ligne dans le milieu étudié. L'image complète est construite par la juxtaposition d'un grand nombre de lignes d'exploration. La propagation de l'onde ultrasonore se fait en ligne droite et suit les mêmes règles que celles de l'onde optique, (figure 1), (38, 40, 47, 60).

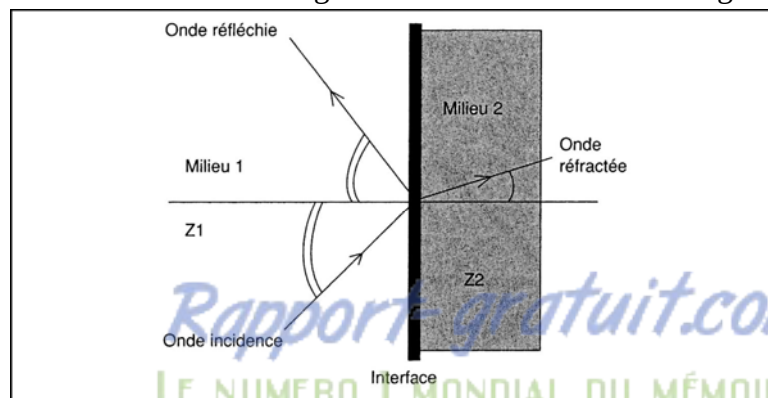


Figure 1 : Les lois de Descartes appliquées à l'échographie



La zone explorée par les ultrasons est une zone verticale, perpendiculaire au cristal émetteur.

1.2.1. Caractéristique du milieu

Chaque milieu est caractérisé par une impédance acoustique (Z) : c'est à dire, une tendance plus ou moins grande à freiner la propagation des ultrasons. En effet, pour un milieu donné, l'impédance acoustique du milieu se définit comme le produit de la densité et de la vitesse de propagation (40, 47, 49). La vitesse de propagation dépend surtout de la dureté (ou compressibilité) du milieu et, donc, l'impédance acoustique dépend aussi, essentiellement, de la dureté des milieux.

La surface de séparation entre deux milieux d'impédance acoustique différente est nommée «interface acoustique». Dans un organisme, les plus grandes différences d'impédance acoustique se rencontrent, d'une part, entre les tissus mous et les tissus durs (os, calculs, corps étrangers) et, d'autre part, entre les tissus mous et l'air.

Un gel minéral est utilisé pour éviter la présence de poches d'air entre la sonde et la partie de l'animal avec laquelle elle est en contact. Pour la même raison, la sonde doit être placée dans une zone (ou fenêtre acoustique) où aucun os ne s'interposera entre elle et l'organe étudié.

1.2.2. La réflexion des ultrasons

Lorsqu'un faisceau d'ultrasons arrive perpendiculairement sur une interface, une partie est réfléchiée et repart dans le sens opposé, tandis que l'autre partie, réfractée, traverse l'interface et continue son chemin dans la même direction (figure 2).

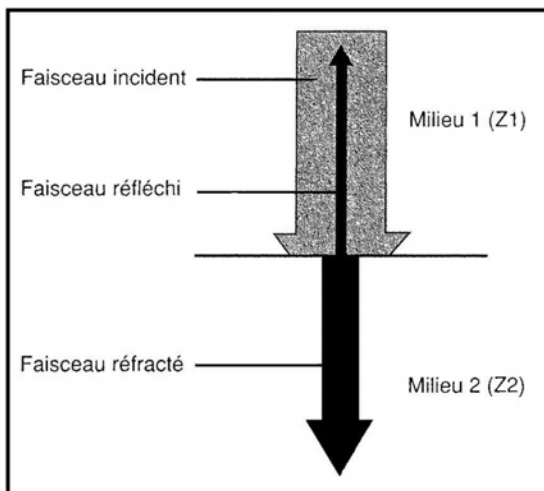


Figure 2 : La réflexion type miroir

La proportion d'ultrasons réfléchis, ou «coefficient de transmission», est fonction de la différence d'impédance acoustique entre deux milieux. Ainsi, la quantité d'ultrasons transmis à travers l'interface et

pouvant explorer des structures plus profondes sera variable (40, 47, 49, 60). L'air et l'os, qui ont des différences d'impédance acoustique importantes par rapport aux tissus mous, sont fortement réfléchissants et représentent de véritables obstacles à la propagation des ultrasons.

Les échos sont donc issus de la réflexion des ultrasons à l'interface de milieux de nature différente.

Pour obtenir une image de bonne qualité, le faisceau incident doit être le plus perpendiculaire possible à l'interface, faute de quoi l'onde réfléchiée n'arrivera pas au transducteur et se perdra. Il est donc impossible d'examiner en une seule coupe échographique les contours précis d'un organe ou d'une lésion. L'influence de l'angle des ultrasons sur l'aspect échographique des structures organiques observées est plus ou

moins marquée. Les tendons et les ligaments, par exemple, sont des structures dites « anisotropiques », dont l'aspect échographique est fortement influencé par la direction du faisceau d'ultrasons.

1.2.3. Réfraction

Lorsqu'une onde ultrasonore rencontre une interface entre deux milieux d'impédance acoustique différente, une partie de l'onde est réfléchiée et l'autre partie réfractée (40, 49, 60). Quand le faisceau ultrasonore arrive sur une surface réfléchissante en angle oblique, il est en partie réfléchi, avec un angle de réflexion égal à l'angle incident. La partie transmise est déviée, à un angle qui est fonction de la vitesse de propagation des deux milieux concernés. C'est le phénomène de réfraction.

1.2.4. Diffusion

La réflexion multidirectionnelle, ou diffusion, est la ré-émission d'une fraction minime de l'énergie ultrasonore dans toutes les directions de l'espace par des cibles de toute petite taille (40, 47). Quelle que soit l'incidence du faisceau, seuls les échos en direction du transducteur seront captés.

L'échogénicité des organes parenchymateux, par exemple, est essentiellement formée par des échos de dispersion, dont l'intensité dépend de l'homogénéité tissulaire (figure 3).

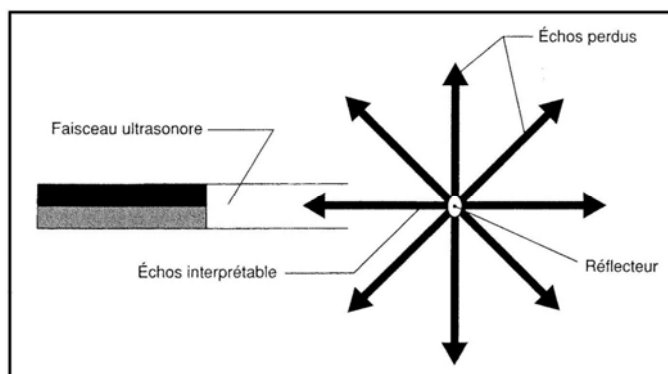


Figure 3 : La diffusion au sein d'un parenchyme

L'image échographique d'un organe parenchymateux est composée, d'une part, d'une image d'interface très échogène qui résulte de la réflexion des ultrasons et représente le contour de l'organe, et; d'autre part, d'une image tissulaire scintillante, résultant de la diffusion des ultrasons et représentant le parenchyme de l'organe.

1.2.5. Atténuation

En plus des phénomènes de réflexion et de dispersion, l'onde ultrasonore subit une atténuation de son énergie. Cette atténuation résulte de plusieurs phénomènes (40, 47, 49) :

- l'intensité du faisceau ultrasonore diminue avec la profondeur d'exploration, donc de la distance parcourue. Cet inconvénient est corrigé, en partie, par une amplification du signal en profondeur qui modifiera soit le gain total, soit la courbe de gain. Dans le premier cas, la modification sera identique sur tout l'écran. Dans le

deuxième cas, il y a une amplification du signal retour et un gain qui augmentera progressivement dans le temps. Ainsi, les échos réfléchis sur des structures proches sont peu amplifiés; tandis que l'amplification des échos réfléchis sur des structures éloignées est augmentée pour compenser l'atténuation.

- la fréquence d'émission. Plus la fréquence des ultrasons est élevée, plus l'atténuation est importante. Ce phénomène constitue un critère important dans le choix de la sonde par rapport à l'organe à étudier. Si l'organe à étudier est profond, il est nécessaire d'utiliser une sonde de fréquence basse (2,5 ou 3,5 voire 5 MHz). A l'inverse, si l'organe est superficiel, on utilisera une sonde de fréquence plus élevée (7,5 à 10 MHz). La fréquence des ultrasons a donc une influence déterminante sur les possibilités d'exploration.

La relation entre la profondeur d'exploration et la fréquence de la sonde est résumée dans le tableau 1.

Tableau 1 : Relation entre la profondeur d'exploration et la fréquence de la sonde
(d'après (47))

Fréquence des ultrasons (en MHz)	Profondeur d'exploration (en cm)
2,5- 3,5	≥ 15 - 20
5	10 – 14
7,5	5-7
10-12	2-3

1.3. Formation de l'image échographique

1.3.1. Traitement des signaux électriques : modes échographiques

Il existe différentes manières de traiter le signal échographique (45, 49). Ce sont des représentations graphiques, ou modes, que nous allons décrire successivement.

1.3.1.1. Mode A

Le mode A, ou amplitude, est le mode de représentation le plus ancien. L'intensité du signal est représentée par une courbe. Ce mode consiste à afficher l'amplitude du signal recueilli par la sonde (axe des ordonnées), en fonction de la profondeur (axe des abscisses). Un seul faisceau ultrasonore, de direction constante, est utilisé. Ce mode est historique; il est rappelé ici afin de mieux comprendre les modes B et TM.

1.3.1.2. Mode B

Le mode B, ou brillance, est le mode de représentation le plus commun (49). L'intensité du signal est représentée par la brillance d'un point sur l'écran. Plus le point est brillant, plus la réflexion des ultrasons qui le précédait était importante et donc, plus l'écho est intense. La brillance des points se décline en toute une gamme de gris. La gamme s'étend d'une brillance très forte (point très blanc), dans le cas d'une structure très échogène, à une brillance nulle (point noir) dans le cas d'une structure anéchogène, avec tous les intermédiaires de gris possibles.

Lorsqu'on utilise plusieurs faisceaux parallèles d'ultrasons (cas d'une sonde linéaire) ou lorsque le même faisceau ultrasonore est orienté dans des directions différentes (cas d'une sonde sectorielle), on obtient une image en deux dimensions, ou bi-directionnelle, qui représente une coupe de la structure explorée.

1.3.1.3. Mode TM

Le mode TM ou temps-mouvement est une représentation des variations de position et de la brillance des échos en fonction du temps. Les images sont données par des images du mode B mises en mouvement à vitesse constante. Ce mode permet d'obtenir une résolution temporelle supérieure à celle du mode B et de pouvoir observer des mouvements très rapides. Le mode TM est uniquement utilisé en échocardiographie, afin d'observer les mouvements des parois et des valvules cardiaques (6). Avec ce mode, on obtient une courbe ondulant de la gauche vers la droite de l'écran.

Dans le cadre de l'échographie de l'appareil digestif bovin, nous utiliserons le mode B comme mode de représentation.

1.3.2. Interprétation des images échographiques

1.3.2.1. Images de contours et de tissus divers

Les images d'interfaces sont formées, comme nous l'avons vu précédemment, par la réflexion d'ultrasons dans une zone qui sépare deux milieux d'impédance acoustique différente. Sur l'écran de l'échographe, cette zone de séparation se visualise par une ligne échogène (très blanche) qui délimite ainsi le contour de l'organe. Cette ligne est d'autant plus visible que le faisceau incident est perpendiculaire à l'interface.

Une image de paroi ou de cloison présente une ligne plus ou moins échogène, quelle que soit l'incidence du faisceau (40, 47, 49). Cette image sera visible même si la paroi ou la cloison sépare deux milieux d'impédance acoustique voisine. Par exemple, un vaisseau sanguin en coupe transversale formera un disque noir, cerclé d'une ligne échogène. En coupe longitudinale, il formera une image canalaire noire, bordée de blanc.

Les tissus mous (muscles, parenchymes), au sein desquels on observe une diffusion des ondes ultrasonores, sont représentés par une image de texture granuleuse, plus ou moins grisâtre en fonction des caractéristiques structurales de l'organe. Parmi les tissus mous on distingue les tissus gras, qui sont très échogènes et souvent à l'origine d'images de mauvaise qualité, en raison de l'atténuation et de la diffraction qu'y subissent les ondes ultrasonores.

Les tissus osseux ont une impédance acoustique très élevée. La réflexion est quasi-totale à leur interface. Il n'y a donc pas d'image derrière le tissu osseux et sa description se limite à celle de sa surface. Il en va de même pour les calculs. Ces derniers sont représentés par un arc hyperéchogène, suivi d'un cône d'ombre qui est parfois plus visible que le calcul lui-même.

1.3.2.2. Images des liquides et des gaz

En échographie, certains liquides, qualifiés de «purs», sont assimilables à de l'eau. Ils transmettent parfaitement les ultrasons. A l'écran, ce sont des zones anéchogènes: c'est-à-dire, vides d'échos. Elles apparaissent donc en noir. En revanche, des liquides à cellularité élevée ou contenant des particules en suspension, tels que le pus ou certains épanchements, sont qualifiés d'«impurs». A l'écran, ils paraissent piquetés de blanc.

A l'interface d'un milieu gazeux, les ultrasons sont réfléchis dans leur totalité. Ceci se traduit à l'écran par une image d'interface hyperéchogène, suivie d'un cône d'ombre. Ce type d'image s'observe fréquemment en échographie digestive, mais aussi en début d'examen échographique lorsque le contact entre la peau et la sonde n'est pas correct. L'application de gel échographique améliore le contact.

1.3.2.3. Plans de coupe et orientation conventionnelle des coupes

Pour chaque organe on réalise des coupes, définies par un plan dont l'orientation correspond à la propagation des ultrasons. L'orientation des plans est donnée par rapport au sujet examiné. Les coupes transversales traversent le sujet perpendiculairement à la colonne vertébrale. Les coupes paramédianes et médianes sont des coupes longitudinales qui passent par un plan de symétrie. Enfin les coupes frontales traversent le sujet perpendiculairement au plan sagittal et parallèlement à la colonne vertébrale. On pourra donner à toutes ces coupes une inclinaison plus ou moins crâniale ou caudale, plus ou moins à gauche ou à droite, ventral ou dorsale.

Chaque coupe doit être orientée afin de rendre sa compréhension possible. Ainsi lorsque l'on est face à l'écran échographique, le haut de l'écran correspond à la partie ventrale de l'animal, le bas à sa partie dorsale. De même, la droite de l'écran correspond à la partie caudale de l'animal et la gauche, sa partie crâniale.

1.4. Qualité de l'image

La qualité de l'image ultrasonore dépend des caractéristiques de l'appareil, de ses réglages et des compétences de l'opérateur (39, 47, 49). Les paramètres intrinsèques au transducteur déterminent pour une grande partie la qualité de l'image échographique. Parmi ces paramètres figurent la fréquence de la sonde, sa profondeur d'exploration ainsi que sa qualité de résolution. Comme nous l'avons vu précédemment, la fréquence détermine la profondeur d'exploration autorisée par la sonde, ainsi que la résolution de l'image, les deux étant inversement proportionnelles : plus la fréquence de la sonde est élevée, meilleure est la résolution.

L'opérateur a également accès à des réglages qui lui permette encore d'améliorer la qualité de l'image obtenue.

1.4.1. La résolution de l'image

La résolution correspond à la capacité du transducteur à distinguer deux points très proches. Il existe deux types de résolutions : la résolution axiale et la résolution transversale.

1.4.1.1. La résolution axiale

Si deux structures sont alignées, orientées dans la direction de l'onde sonore et peu distantes l'une de l'autre, on définit la résolution axiale comme la distance minimale nécessaire entre ces deux structures permettant de les représenter en deux images séparées (40, 49). La résolution axiale dépend, en partie, de la longueur de l'onde ultrasonore. Plus l'onde ultrasonore est longue, moins la résolution axiale est grande. Ainsi, puisque la longueur d'onde et la fréquence ultrasonore sont inversement proportionnelles, la résolution axiale accroîtra avec l'augmentation de la fréquence.

1.4.1.2. La résolution transversale

La résolution transversale est définie comme la distance minimale entre deux structures, situées transversalement par rapport au trajet de l'onde et proches l'une de l'autre, qui permet de les représenter par deux images séparées (40, 49). La résolution transversale dépend surtout de la largeur du faisceau ultrasonore. Plus le faisceau est large, plus la résolution est mauvaise. La largeur du faisceau est donc réduite par focalisation. On améliore la résolution transversale à une profondeur donnée, appelée «distance focale».

1.4.1.3. Autre facteur de qualité

Le troisième type de résolution, dite « azimutale » correspond à la résolution dans l'épaisseur du plan de coupe. Le plan de coupe doit être le plus fin possible, notamment pour éviter les artefacts «d'épaisseur de coupe».

1.4.2. Réglages

La plupart des appareils échographiques récents offrent la possibilité de pré-réglages que l'opérateur choisit au début de l'examen. Ces pré-réglages permettent de fixer un certain nombre de paramètres, comme le contraste, la persistance de l'image, ou le renforcement des contours automatiquement à une valeur prédéterminée par le constructeur ou l'utilisateur, en fonction des caractéristiques de la partie à examiner.

D'autres réglages peuvent être modifiés au cours de l'examen pour l'obtention d'une image optimale. Ainsi, l'opérateur peut ajuster l'échelle de profondeur, la focalisation, les gains et le rejet (40).

1.4.2.1. L'échelle de profondeur

La variation de la profondeur d'exploration permet de plus ou moins grossir une zone d'intérêt. En échographie abdominale, où la profondeur des organes examinés varie de quelques centimètres à 17 cm, la profondeur d'exploration doit souvent être ajustée pour un bon examen. La profondeur maximale disponible dépend de la fréquence de la sonde utilisée.

1.4.2.2. La focalisation

La focalisation permet d'augmenter la résolution de l'image sur une zone limitée qui intéresse particulièrement le manipulateur.

1.4.2.3. Les gains

Les ultrasons captés par la sonde et analysés par l'appareil sont, entre autre, amplifiés. Cette amplification ou gain est responsable de la brillance générale de l'image. Il existe un réglage du gain général, qui correspond à l'amplification de l'ensemble des échos et un gain étagé en fonction de la profondeur de l'écho.

Le gain général est ajusté au cours de l'examen pour régler la brillance générale de l'image. Ce paramètre doit être correctement réglé. S'il est réglé trop fort, l'image devient trop blanche et le signal est saturé. A l'inverse, s'il est réglé trop faiblement, l'image devient toute noire.

Le réglage du gain étagé ou différentiel encore appelé « time gain compensation » (TGC), consiste à augmenter ou à diminuer le niveau de réception du

signal électronique par zones étagées sur l'image, tout en conservant l'intensité des ultrasons émis. Ce paramètre est utile pour compenser le phénomène d'atténuation ultrasonore des échos profonds. Le gain différentiel permet ainsi de renforcer les échos profonds et d'atténuer les échos superficiels de façon à uniformiser l'image.

1.4.2.5. Le rejet

Le rejet agit comme un filtre. Il élimine les signaux de faible amplitude à leur réception de manière à obtenir des images moins parasitées.

1.5. Les artéfacts

Les artéfacts sont des images «parasites» qui peuvent rendre difficile, voire fausse (40, 48, 62), l'interprétation des images échographiques. Les altérations de l'image sont dues à des phénomènes physiques inhérents aux lois de propagation des ultrasons, mais qui ne correspondent à aucune lésion ou anomalie de structure. En effet, l'image ultrasonore est reconstituée à partir des informations recueillies par la sonde et transmises à l'appareil. Les informations sont traitées par un logiciel complexe qui permet de déterminer la position et l'intensité de l'écho, et de représenter l'image correspondante. Mais ce traitement du signal repose sur un certain nombre d'hypothèses (48) :

- la direction du faisceau ultrasonore est unique ;
- une seule réflexion a lieu ;
- la distance entre la sonde et l'endroit où s'est produite la réflexion est calculée en utilisant la vitesse de propagation moyenne des ultrasons dans les tissus mous (1540 m/s).

Lorsqu'une ou plusieurs de ces hypothèses sont fausses, des échos parasites ou artéfacts, qui ne correspondent à aucune structure réelle, apparaissent sur l'image. Nous allons revenir rapidement sur chacun de ces artéfacts. Il est important de les connaître pour éviter des erreurs d'interprétation.

1.5.1. Artéfact de réverbération

L'artéfact de réverbération se traduit par une succession de courbes parallèles hyperéchogènes (48, 62). De multiples réflexions se produisent entre deux interfaces très réfléchissantes, ou lors d'un mauvais contact entre la sonde et la peau. Seul le premier écho correspond à une structure réelle. Les suivants en sont des copies conformes, d'intensité plus faible (figure 4).

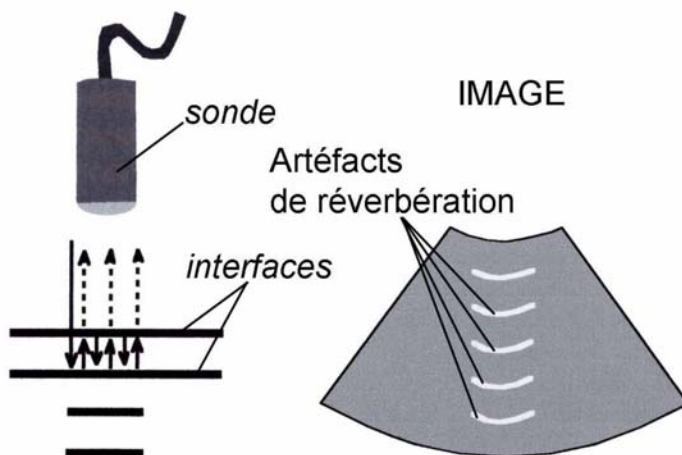


Figure 4 : Schématisation du phénomène de réverbération

1.5.2. Artéfact en queue de comète

La queue de comète est un trait vertical hyperéchogène dont la brillance s'atténue progressivement (62). Ce cas particulier d'artéfact de réverbération est lié à la présence d'une petite structure très réfléchissante. On l'observe à l'écran quand le faisceau d'ondes rencontre une bulle de gaz ou une surface minéralisée de petite taille. L'appareil interprète les délais successifs entre les réverbérations comme un éloignement et inscrit une série rapprochée de pseudo-interfaces en «queue de comète». Ces images se rencontrent surtout sur les coupes transversales d'intestin grêle, où des petites bulles de gaz sont coincées dans les replis de la muqueuse. On peut également les rencontrer sur des images vésicales, au niveau de calculs de petite dimension (48).

1.5.3. Cône d'ombre

Le cône d'ombre est une zone d'ombre qui résulte de la réflexion totale des ondes ultrasonores au niveau d'une interface d'impédance acoustique très élevée, comme le gaz, les os, les calculs (48). C'est donc une image hypo- ou anéchogène, située en deçà de structures qui atténuent fortement les ultrasons (figure 5).

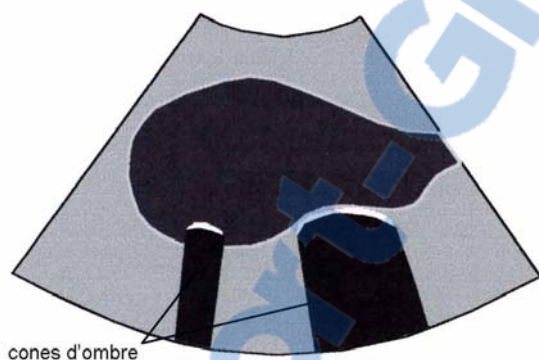


Figure 5 : Schématisation de cône d'ombre

1.5.4. Image en miroir

L'artéfact en miroir se produit au niveau d'interfaces arrondies très réfléchissantes, comme le diaphragme. Il se traduit à l'écran par deux images identiques, symétriques par rapport à une ligne très échogène (figure 6). L'artéfact en miroir est surtout observé lors de l'exploration de la face diaphragmatique du foie (47, 48, 62). Effectivement, à cause de la surface courbée à l'interface diaphragme-poumon, les ultrasons sont réfléchis de manière plus ou moins perpendiculaire. Pour cette raison, ils ne retournent pas directement à la sonde, mais s'engagent dans le parenchyme hépatique, où ils génèrent une seconde série d'échos. Ceux-ci refont le chemin en sens inverse, en passant par l'interface diaphragmatique où ils sont de nouveau réfléchis vers la sonde. L'appareil enregistre ainsi un second train d'échos, plus tardif, qui sera représenté par une deuxième image du foie située plus loin que la première, donc de l'autre côté du diaphragme.

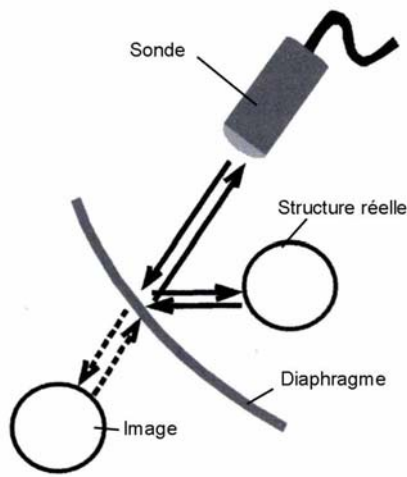


Figure 6 : Image en miroir

1.5.5. Le renforcement postérieur

Lorsqu'une image plus échogène est observée en aval d'une structure qui n'atténue pas les ultrasons: la vessie, par exemple, on parle de « renforcement postérieur » des ondes ultrasonores (figure 7). Sous une structure liquidienne, les ondes se comportent comme si elles avaient été amplifiées. Les échos sont donc plus puissants et la structure sous-jacente apparaît plus échogène que la structure adjacente (48, 62).

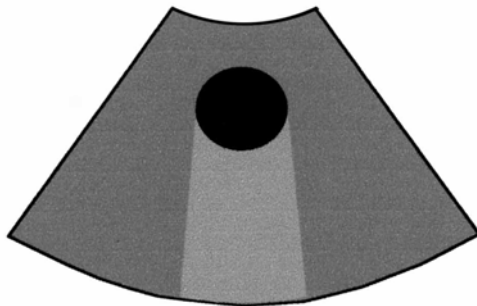


Figure 7 :Schématisation du phénomène de renforcement postérieur

1.5.6. Le trou noir échographique

Le trou noir échographique qualifie une image vide d'échos et donc noire (48). Elle est obtenue lorsque le faisceau ultrasonore est parallèle à une paroi. L'onde n'est pas réfléchiée et aucune représentation n'est possible. Il faut alors changer d'incidence avant de tirer des conclusions trop hâtives.

1.5.7. L'effet de marge

L'effet de marge signifie la formation d'une image échogène dans un liquide alors que ce dernier est pur. L'épaisseur du faisceau d'ondes est responsable de cet artéfact, qui peut se rencontrer en échographie de la vésicule biliaire. Si le faisceau coupe la vésicule biliaire, de sorte qu'une partie du faisceau passe par la lumière et l'autre en marge du parenchyme hépatique, la projection de cette coupe en trois dimensions, sur un écran en deux dimensions, fait apparaître une masse aux contours flous au milieu de la vésicule biliaire. En fait, ceci n'est autre que du parenchyme hépatique. Cette image a un aspect variable en fonction de l'angle d'incidence (48).

Il existe de nombreux artéfacts de l'image échographique. Nous avons seulement évoqué les artéfacts les plus couramment rencontrés. Ils engendrent des images complexes dont l'analyse nécessite une compréhension des mécanismes physiques à l'origine de leur apparition. En adoptant un comportement rigoureux, qui passe par une

bonne préparation du site d'échographie, le réglage correct de l'appareil (du gain par exemple) et le changement du plan de coupe ou de la position de l'animal si la réalité de l'image est mise en doute, on diminue les risques d'apparition de ces artéfacts.

1.6. Spécificité technique de l'échographie chez les bovins

1.6.1. Choix du matériel

1.6.1.1. Echographes

Les échographes disponibles en 2006 pour les praticiens ruraux sont beaucoup plus maniables qu'il y a quelques années et rendent possible une utilisation sur le terrain. En effet, des échographes portables, d'un poids moyen entre 11 et 15 kg, permettent des déplacements aisés. Ils peuvent fonctionner sur secteur ou sur batterie avec une autonomie variant d'une à plusieurs heures. La plupart des échographes permettent aussi l'enregistrement des images et leur impression sur papier grâce aux branchements périphériques. Le tarif d'un appareil neuf varie, selon les modèles, entre 7 500 euros HT et 200 000 euros HT. Des échographes d'occasion restent plus abordables.

En pratique bovine, il convient de s'équiper d'un échographe portable muni d'un câble de sonde d'au moins 3 mètres de long (annexe 1).

1.6.1.2. Type de sonde

Il existe différentes sondes, de fonctionnement et de forme variables (39, 42, 45, 47). Elles diffèrent essentiellement par le mécanisme de balayage du plan de coupe et par les systèmes de contrôle de l'élément piézo-électrique. La sonde sectorielle est constituée d'éléments piézo-électriques (unique ou groupés), soit oscillants, soit en rotation autour d'un axe. Ces sondes, de prix raisonnable, fournissent une bonne qualité d'image. Le balayage, de type sectoriel, donne une image en coupe, en forme de secteur, qui a l'avantage d'être polyvalente. Cependant, comme les lignes d'échos réfléchis ne sont pas parallèles, la résolution latérale change en fonction de la profondeur d'exploration. De plus, les structures de grande dimension sont plus difficiles à visualiser à proximité de la sonde. Ce type de sonde n'est donc pas bien adapté à l'exploration de l'appareil digestif bovin.

La sonde linéaire est constituée d'un seul élément piézo-électrique, découpé en de multiples sous-unités. Dans la sonde «barrette», l'élément piézo-électrique est découpé en petits éléments rectangulaires qui sont assemblés pour former un réseau linéaire. Chaque ligne de tir est obtenue par l'activation séquentielle d'un ou plusieurs éléments de la barrette. La forme de l'image obtenue est rectangulaire. Elle présente l'avantage de constituer un plan de coupe où les lignes d'échos réfléchis sont toutes parallèles. La résolution latérale est bonne et constante sur toute la profondeur du champ examiné. La surface de contact avec la partie à examiner doit être importante, ce qui est le cas lors d'échographie du système digestif bovin.

La sonde annulaire est également constituée d'un élément piézo-électrique. Mais dans ce cas, une lame du matériel piézo-électrique est découpée en anneaux concentriques qui sont assemblés pour former un réseau annulaire. Chaque élément est connecté à un module électrique d'émission/ réception. Ainsi il est possible de programmer la focalisation d'émission à la profondeur désirée. L'image obtenue est de type sectoriel.

Comme nous l'avons dit ci-dessus, le choix de la fréquence de la sonde est déterminant par rapport à la profondeur des structures que l'on souhaite examiner. Afin d'explorer l'appareil digestif, il convient d'utiliser des sondes de basse fréquence, de 3,5

à 5 MHz maximum. Le désavantage, lorsque la fréquence diminue, est la diminution concomitante de la résolution. Pour cette raison, nous évitons l'emploi de sonde de 2.5 MHz.

1.6.2. Contention et préparation de l'animal

Selon les recherches entreprises, l'animal sera abordé par le flanc droit ou gauche et/ou sur le plan ventral. L'animal reste debout. Comme l'examen n'est pas invasif et le bovin en général plutôt passif, une contention à l'aide d'une corde sera suffisante dans la plupart des cas. Quoique très rarement nécessaire, le recours à une contention chimique est envisageable chez les sujets les moins coopératifs (8).

La zone à étudier devra être préparée au préalable pour l'échographie. La qualité des images échographiques dépend en grande partie de la qualité de cette préparation. Celle-ci passe par une tonte minutieuse de la zone ciblée, complétée éventuellement par le rasage ou l'application de crème dépilatoire et, ensuite, de l'eau tiède à chaude appliquée en friction. Du gel échographique sera alors réparti sur la fenêtre échographique et sur la sonde (7, 8, 10, 17). Cette préparation permet d'obtenir un contact efficace entre la peau et la sonde et limite, de ce fait, le nombre d'artéfacts.

1.6.3. Difficulté de l'échographie abdominale bovine

Les difficultés de l'échographie abdominale chez les bovins sont multiples. Elles résultent tout d'abord de la taille de l'animal. L'échographie de l'appareil digestif d'un veau est donc plus facile que celle d'un bovin adulte. Ensuite, ces difficultés viennent de la structure même de l'appareil digestif. Les bovins sont des polygastriques; chaque compartiment est volumineux et surtout très gazeux. Ceci pose des problèmes dans l'exploration échographique. Le rumen, par exemple, ne peut être correctement visualisé. Toutefois, certaines structures sont bien visibles et leur exploration possible. C'est le cas du foie et de la vésicule biliaire, mais aussi du réseau, de la caillette et du feuillet. De même, les anses intestinales peuvent être en partie explorées. Il est également possible de visualiser tout épanchement péritonéal.

1.7. Rappel anatomique de l'appareil digestif bovin

La localisation anatomique des différents organes digestifs chez la vache est rappelée à l'aide de planches (4) dans l'annexe 2.

Les zones suivantes du système digestif bovin peuvent être explorées par échographie: les pré-estomacs et l'estomac, les intestins, ainsi que les organes annexés à ce système (foie, vésicule biliaire et pancréas).

L'échographie de l'appareil digestif des bovins répond aux principes généraux de cette technique d'examen. Toutefois, la taille de l'animal constitue une difficulté supplémentaire dans la réalisation et l'obtention d'images échographiques de bonne qualité.

Nous allons voir comment l'exploration échographique abdominale chez les bovins constitue un outil diagnostique non invasif intéressant en complément d'un examen clinique approfondi.

2. APPORT DE L'ECHOGRAPHIE DANS LE DIAGNOSTIC DE PATHOLOGIES DIGESTIVES : ETUDE PAR ORGANE

La connaissance de l'aspect échographique normal de l'abdomen et des variantes anatomiques éventuellement rencontrées est un préalable indispensable à une interprétation échographique efficace. Pour chaque organe digestif, nous ferons une revue de son aspect échographique chez l'animal sain (annexe 3), avant d'aborder l'aspect échographique de certaines pathologies (annexe 4).

2.1. Affection des pré-estomacs et de l'estomac : réseau, rumen, feuillet et caillette

2.1.1. Le réseau

Le réseau (ou réticulum) peut être le siège de diverses affections, dont la plus commune est la RPT par corps étranger. Il existe des méthodes à caractère invasif, et des méthodes à caractère non invasif, pour examiner le réticulum. Parmi ces dernières, on peut citer les techniques de palpation-pression indirecte, telles que l'épreuve du garrot, l'épreuve du bâton ou, encore, la percussion à l'aide d'un maillet. On utilise également des procédés comme la détection ferromagnétique ou la radiologie. La qualité des contractions peut être évaluée, aussi, en mesurant l'activité myoélectrique du réseau. Il y a ensuite des méthodes de type invasif. Elles comprennent la laparoscopie, la laparotomie, la ruminotomie ou, encore, la pose de sonde intra-réseau, permettant de mesurer les variations de pression. La plupart de ces méthodes ne sont pas ou peu satisfaisantes, compte tenu du peu d'informations qu'elles fournissent, ou de la difficulté à les mettre en place sur le terrain. L'équipe de Braun et Götz (17) a observé le réseau de 51 vaches saines et a ainsi permis de décrire, pour la première fois dans la littérature, l'aspect normal du réseau à l'échographie.

2.1.1.1. Obtention de l'image échographique

Le réseau est situé juste en arrière du diaphragme, en zone crâniale de la cavité abdominale (2, 4). Il est donc placé en avant du rumen (figure 8 et 9). Les 2/3 de son volume sont situés à gauche du plan médian (annexe 2).

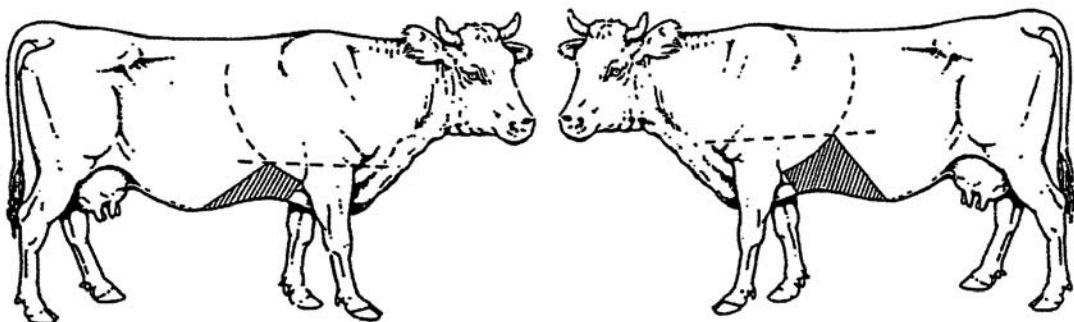


Figure 8 : Aire de projection du réseau chez la vache (d'après (37)).

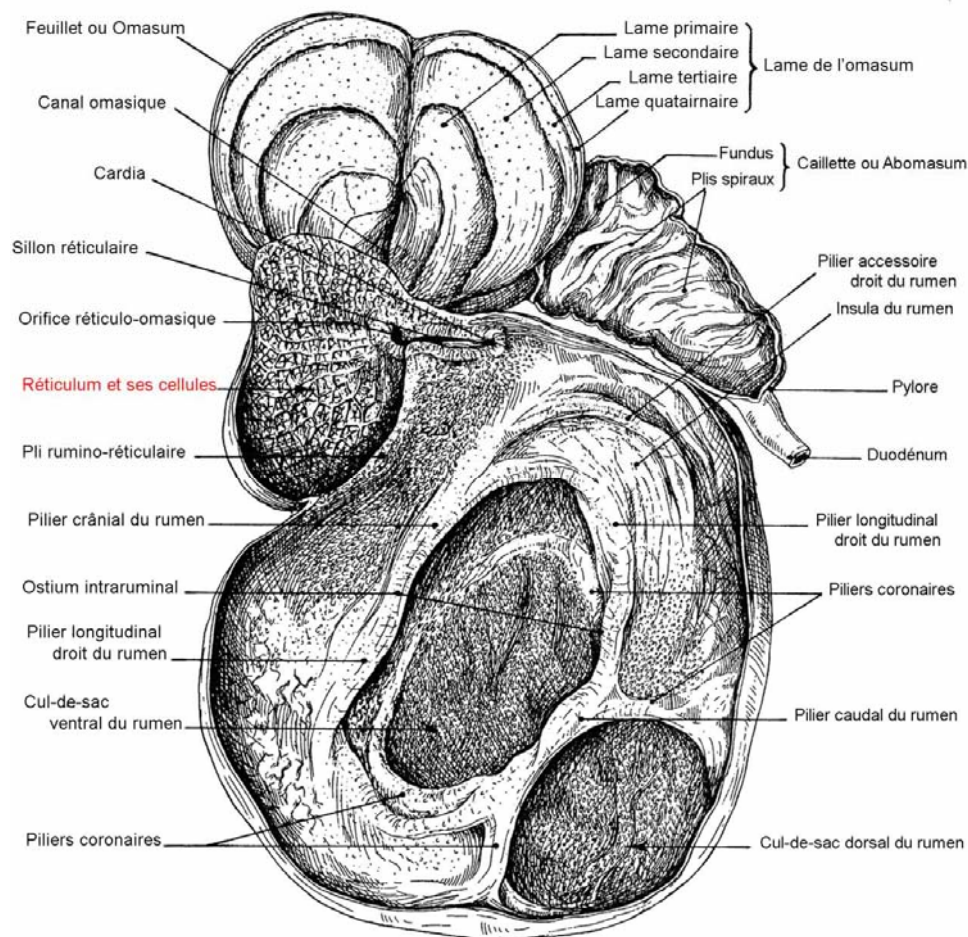
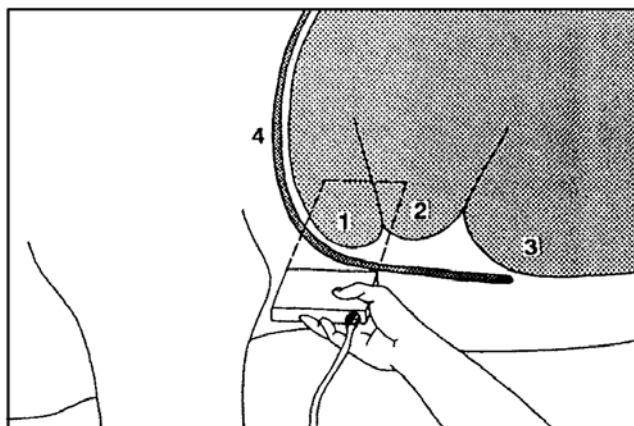


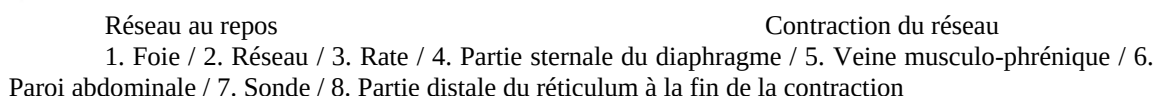
Figure 9 : Pré-estomacs et estomac d'un bœuf, vue dorsale, après isolement et étalement (d'après (4)).

Le réseau est visible à l'échographie par un abord ventral du thorax à hauteur du 6^{ème} et du 7^{ème} espace intercostal, côté gauche et côté droit. Toute cette zone doit être préalablement tondu, voire dépilée avec une crème dépilatoire. L'examen échographique se fait à l'aide d'une sonde linéaire de 3,5 MHz, placée parallèlement à l'axe longitudinal du corps du bovin (figure 10). Une bonne image du réseau permet d'observer son contour, ainsi que sa motilité (figure 11). Il faut toutefois noter que chez une vache en bonne santé, la présence de graisse intermusculaire peut rendre difficile la visualisation du réseau. L'examen est souvent difficile et décevant en cas de gestation avancée.



- 1-Réseau
- 2-Sac crânio-dorsal du rumen
- 3-Sac ventral du rumen
- 4-Diaphragme

Figure 10 : Zone d'échographie du réseau, abord paramédian côté gauche (d'après (17))



Ces études montrent l'efficacité de l'échographie dans l'examen d'un réseau sain de bovin. Chez une vache malade, le réseau peut ne pas être visible en raison de son déplacement par un rumen très dilaté, ou par une caillette déplacée à gauche, ou encore par une lésion qui occupe cet espace (épanchement, abcès...). Des études complémentaires ont été menées pour évaluer l'utilité de l'échographie dans le diagnostic d'affections du réseau et, notamment, dans le diagnostic de RPT (8, 12, 19, 34, 43).

2.1.1.3. La réticulo-péritonite traumatique

La réticulo-péritonite traumatique (RPT) compte parmi les affections les plus fréquentes du système digestif bovin (17, 19). Son diagnostic est souvent délicat. Les signes cliniques sont divers, non pathognomoniques (19, 33) et d'intensité variable. Pour ces raisons, le recours à des examens complémentaires est souvent utile. Parmi les interventions les moins invasives pour l'animal, on peut noter la mise en évidence d'une sensibilité douloureuse par pression, la recherche d'un corps étranger par un détecteur de métaux, ou la radiologie. Une étude a comparé l'efficacité de la radiologie et de l'échographie dans le diagnostic de RPT traumatique (12). Les images échographiques de 26 vaches souffrant de cette affection y sont décrites. Nous reviendrons sur la comparaison des deux méthodes d'imagerie et de leur intérêt de cette étude dans la troisième partie de l'exposé.

Les images échographiques recueillies par l'équipe de Braun, utilisant une sonde de 3,5 MHz et suivant l'abord décrit ci-dessus, témoignent toutes d'au moins une anomalie au niveau du réseau. En effet, 23 des 26 vaches malades montraient soit une diminution, soit un arrêt total des contractions du réseau. Aucun corps étranger ni aimant ne fut mis en évidence à l'échographie. La présence de fibrine (photo 2&3), de liquide ou de masses encapsulées, avec un centre hypoéchogène entouré d'une paroi échogène, était souvent observée ventralement ou caudalement au réseau. Ces abcès variaient de quelques centimètres à 15 cm de diamètre (photo 4). L'implication d'organes adjacents, avec une modification de leur aspect à l'échographie, était également notée. Ce fut le cas du rumen, de la rate ou encore du feuillet et du diaphragme. L'ensemble des modifications observées a été regroupé dans le tableau 2.

Tableau 2 : Modifications du réseau observables lors de RPT chez 26 vaches (d'après (12)).

Nature des modifications de l'image échographique du réseau	Nombre de vaches
Anomalies des contractions du réseau	23/26
- fréquence normale, amplitude diminuée	14
- fréquence diminuée	4
- absence de motilité	4
- motilité non déterminée	1
Abcès (Capsule échogène, cavité hypoéchogène à proximité du réseau)	10/26
Dépôts fibrineux (vue caudale, ventrale, droite ou gauche du réseau)	16/26
Masse diffuse échogène à proximité réseau	5/26
Accumulation liquidienne côté ventral ou caudal du réseau	7/26

Déplacement du réseau par rapport au péritoine dû à une masse entre le réseau et le péritoine	12/26
Epaississement du diaphragme	1/26
Contours du réseau modifiés	16/26
Adhésions avec d'autres organes	6/26

La rate, aussi, est quelquefois affectée lors de RPT. A l'état normal, cet organe se présente en coupe transversale à l'échographie comme une structure de 2 à 3 cm d'épaisseur, située entre la paroi abdominale gauche et le rumen ou le réseau. Sa capsule apparaît comme une ligne échogène et son parenchyme forme de nombreux petits ponts échogènes, répartis de manière homogène. Sa vascularisation, en coupe transversale, a l'apparence de structures ovales hypoéchogènes.

La rate, notamment sa portion distale, est très souvent affectée lors de RPT (19). Des modifications fibrineuses, représentées par des structures échogènes d'épaisseur variée et souvent entourées de fluide, s'observent alors entre la rate et le réseau ou le rumen. La rate peut être recouverte de fibrine. Quelquefois, un ou plusieurs abcès de la rate sont visibles, avec une dilatation des vaisseaux spléniques, témoin d'une splénite.

Une RPT a été expérimentalement induite chez 3 vaches en leur faisant ingérer 12 à 24 fils de fer (2 mm de diamètre, 8-9 cm de long) (43). L'aspect du réseau a ensuite été observé par échographie sur une période de 23 à 32 jours. Les observations furent mêmes : un soulèvement du réseau par rapport au péritoine, un comblement de cet espace par des dépôts fibreux et liquidien, des adhésions avec les organes adjacents, des abcès et des modifications de la motilité réticulaire. Cependant, à la différence d'autres études, des fils de fer apparaissant comme de fines lignes très échogènes auraient été observés.

L'échographie peut ainsi être un examen très utile dans le diagnostic de RPT. L'aspect du réseau, les relations qu'il entretient avec les organes adjacents, mais aussi sa motilité et l'étendue de la péritonite sont tous des critères qui peuvent être évalués par échographie. Le potentiel de cet examen est donc grand, même si les corps étrangers n'y sont pas visibles.

2.1.2. Le rumen

Le rumen occupe les 3/4 de la cavité abdominale. Le sac ventral s'étend plus ou moins loin du côté droit, selon son degré de remplissage. Le rumen se projette sur la quasi-totalité de la paroi costo-abdominale gauche (4). La limite entre le sac ventral et le sac dorsal se situe à mi-hauteur de la paroi du flanc gauche (figure 12). De par son volume, le rumen entretient d'étroits rapports anatomiques avec les autres structures digestives. En conséquence, le rumen, ou du moins, une partie de celui-ci sera visible lors de l'exploration du réseau, de la caillette, ou encore du feuillet (annexe 2).

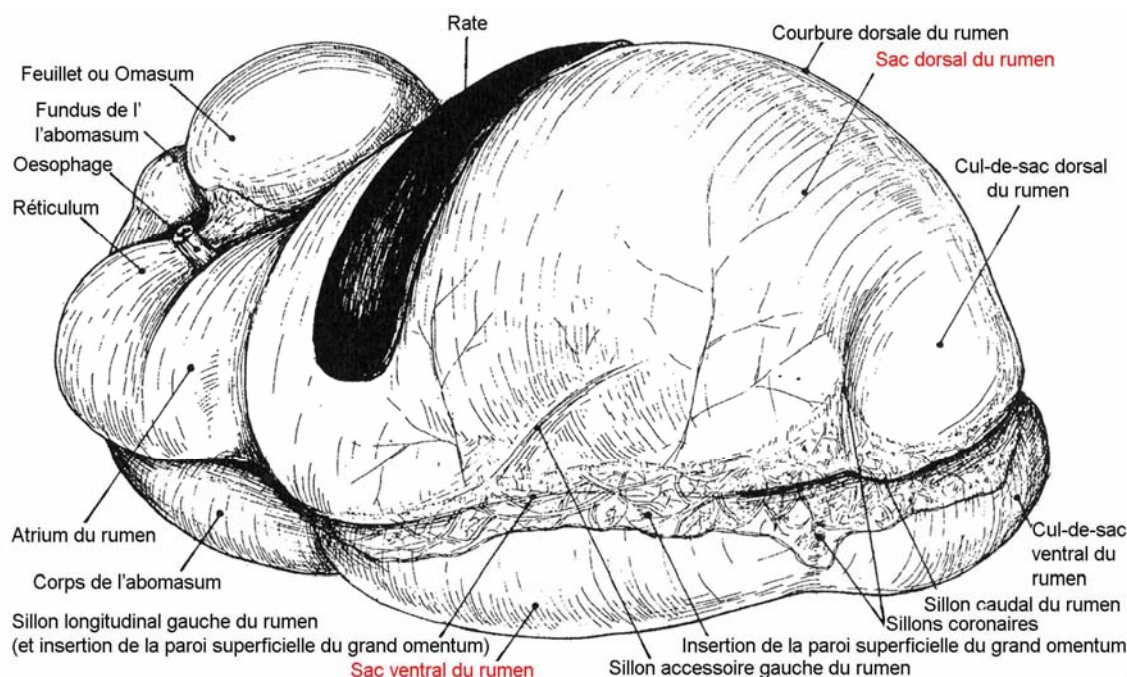
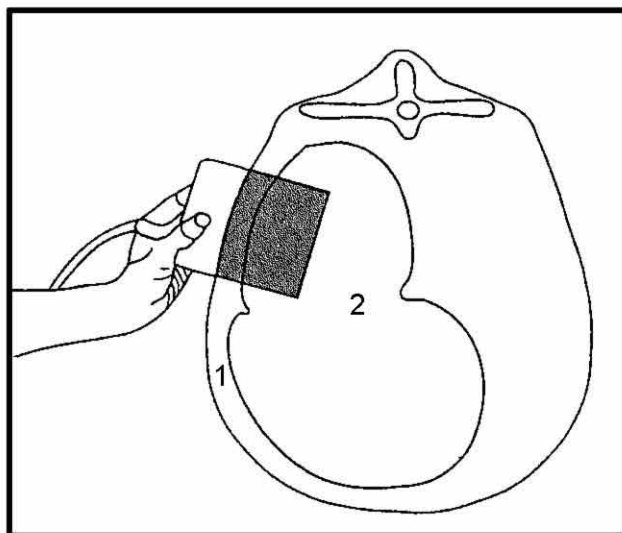


Figure 12 : Conformation extérieure d'un rumen de vache (d'après (4)).

2.1.2.1. Obtention de l'image échographique

A l'échographie, le sac crânial du rumen, ainsi que le sac ventral, sont surtout visibles depuis la gauche du plan médian ventral (figure 13). Dans de rares cas, on peut les visualiser depuis la ligne médiane ventrale. Mais, en général, leur observation depuis la droite de la ligne médiane ventrale est impossible (17). Le rumen est observé à l'aide d'une sonde de 3,5 MHz.



1. Paroi abdominale
2. Rumen

Figure 13 : Examen échographique du rumen, abord gauche, 12^{ème} espace intercostal (d'après (29)).

2.1.2.2. Aspect normal à l'échographie

Le rumen est visible contre la paroi abdominale gauche. De ce côté, on peut distinguer le sac crânio-dorsal, le sac ventral, ainsi que le sillon longitudinal qui divise le rumen en sac dorsal et ventral. Les différentes couches de sa paroi forment des lignes échogènes. La paroi ruminale est lisse, épaisse et échogène (8). On peut clairement identifier les piliers gauches du rumen, qui se présentent comme une cassure dans la

continuité de la paroi ruminale. Les contractions ruminales peuvent également être visualisées à l'échographie. Cependant, cette méthode ne permet pas d'explorer le contenu du rumen, qui est essentiellement gazeux.

2.1.2.3. Anomalie du rumen

En raison du volume et du contenu très gazeux du rumen, l'examen échographique de cet organe est peu concluant. En effet, l'exploration se limite à la paroi ruminale située contre la paroi abdominale gauche. La présence de dépôts fibreux contre la paroi ruminale ou encore, la présence de liquide entourant la paroi peut apparaître lors de RPT. Il est possible aussi, à l'échographie, de déceler des troubles de la motricité ruminale, qui peuvent confirmer ou infirmer l'auscultation. Cependant l'échographie reste un examen inapproprié pour explorer correctement le rumen.

2.1.3. Le feuillet

Selon certains auteurs, les pathologies du feuillet (ou omasum) ne peuvent être diagnostiquées du vivant de l'animal. Le feuillet peut souffrir d'une surcharge, avec une distension et une dessiccation anormalement marquées. L'évolution est subaiguë à chronique. Les symptômes sont très frustrés, tels qu'une chute de la production en lait, un poil piqué et une baisse de l'appétit. Dans quelques cas, on peut noter une légère distension ventrale du côté droit, en arrière de l'hypochondre. Les signes d'appels d'une affection du feuillet sont tellement frustrés que la formulation d'un diagnostic est plus que difficile. La plupart des diagnostics d'affections du feuillet ne se font que post-mortem d'où l'intérêt, en cas de suspicion d'explorer cet organe par l'échographie du vivant de l'animal. Malheureusement aucune donnée bibliographique disponible à ce jour ne décrit l'apparence échographique d'une surcharge du feuillet. Seul un cas de tumeur du feuillet a été rapporté.

2.1.3.1. Obtention de l'image échographique

Le feuillet est situé sous la paroi costale droite, à laquelle il n'est pas adhérent. Il se projette en arrière du champ pulmonaire, sous une horizontale qui passe par le tiers inférieur de la paroi costale (annexe 2).

2.1.3.2. Aspect normal à l'échographie

Chez les bovins sains, la présence de gaz intra-luminal rend le contenu du feuillet hyperéchogène.

2.1.3.3. Tumeur du feuillet

A notre connaissance, un seul cas de tumeur du feuillet diagnostiqué par échographie a été rapporté dans la littérature. Il s'agit d'un léiomyome du feuillet chez une vache (54).

L'échographie a prouvé son efficacité dans la mise en évidence de tumeurs gastro-intestinales chez le chien et le chat. Toutefois, chez la vache, les caractéristiques échographiques de telles tumeurs n'ont pas encore été décrites, probablement parce que les tumeurs gastro-intestinales bovines sont rares.

Une vache de 6 ans présentait une hyperthermie intermittente, de l'anorexie, de la dépression et de l'ataxie. Suite à un examen clinique complet et en complément à des

analyses hémato-biochimiques, une étude échographique fut effectuée dans la zone thoracique et abdominale à la recherche d'éléments diagnostiques. Les auteurs utilisaient une sonde de 3,5 MHz. La visualisation du feuillet se faisait sur la ligne médiane et à droite de la ligne médiane ventrale. Les contours du réticulum furent également observés. Des dépôts échogènes étaient visibles sur la paroi du réseau et une masse pouvait être identifiée au sein de la lumière du feuillet. L'apparence échographique de la lésion était hétérogène et échogène et ses marges asymétriques. Les analyses hémato-biochimiques mettaient en évidence un phénomène inflammatoire chronique. Au vu de ces observations, les hypothèses retenues furent: la présence d'une RPT ou d'une masse de nature néoplasique dans le feuillet.

Compte tenu du mauvais état général de la vache, les auteurs pratiquèrent une euthanasie et une autopsie. L'examen post-mortem révéla la présence de dépôts fibreux adhérents au réseau, au feuillet, à la caillette ainsi qu'au rumen. Une masse pédunculée (18 x 14 cm), semblable à une grappe de raisins, était rattachée à la paroi ventrale du feuillet. L'analyse histologique permit de conclure à un léiomyome.

A l'échographie, la tumeur apparaissait non homogène, asymétrique et échogène. Ces observations étaient compatibles avec les travaux de Penninck (63), qui observa que le léiomyome était la plus commune des tumeurs échogènes chez l'homme.

Ainsi, bien que l'échographie ne permette pas de différencier une tumeur omasale d'une masse d'un autre type, elle n'en demeure pas moins un outil efficace et non invasif dans le diagnostic de tumeurs gastro-intestinales. L'auteur préconise d'inclure les tumeurs gastro-intestinales dans le diagnostic différentiel lors de perte de poids, de fièvre d'origine indéterminée et d'anorexie (54), sans que l'on oublie la faible prévalence de telles tumeurs chez les bovins.

2.1.4. La caillette

Chez les bovins, les affections de la caillette (ou abomasum) sont nombreuses. Elles comprennent notamment les déplacements de cet organe à gauche, la dilatation-torsion à droite, l'impaction, la sténose pylorique ainsi que les ulcérations. L'échographie pourrait apporter des éléments au diagnostic après l'observation successive de la position et des dimensions de la caillette, mais également de son contenu et de sa paroi. L'échographie permettrait également d'objectiver l'éventuelle implication d'organes adjacents tel que le sac antérieur dorsal du rumen, le sac ventral du rumen, le feuillet, la rate ou, encore, le foie.

2.1.4.1. Obtention de l'image échographique

La topographie de la caillette évolue avec l'âge. A l'âge adulte, la base de la caillette se trouve dans la région du processus xiphoïde. La majorité de l'organe est située du côté droit du plan médian, caudalement au réseau et ventralement au sac crânial du rumen. La caillette contourne le feuillet et se termine par sa partie pylorique, située du côté droit (figure 14). Le pylore se projette dans le 10^{ème} espace intercostal droit, sur une ligne horizontale passant par l'articulation de l'épaule (annexe 2).

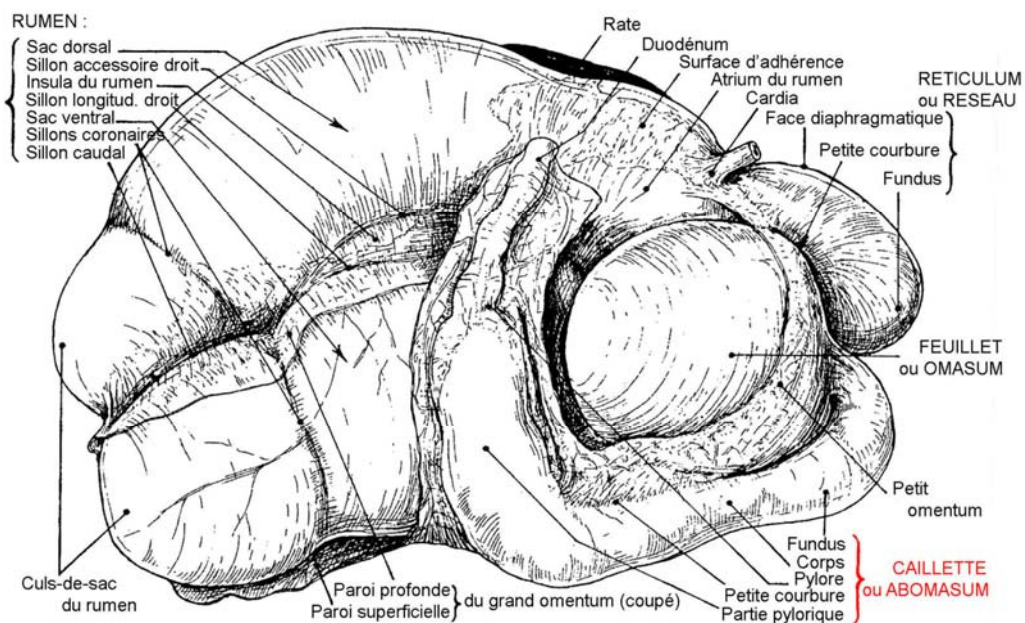


Figure 14 : Topographie de la caillotte chez un bovin adulte, vue latérale droite (d'après (4)).

La méthode d'obtention de l'image échographique de la caillotte a été décrite pour la première fois par Braun, Wild et Guscetti (29). La région d'observation s'étend, sur le plan ventral, du processus xiphoïde jusqu'à l'ombilic. Par rapport au plan médian ventral, elle s'étend à droite comme à gauche jusqu'à mi-hauteur des côtes (figure 15). Cette région doit être tondue et recouverte de gel échographique.

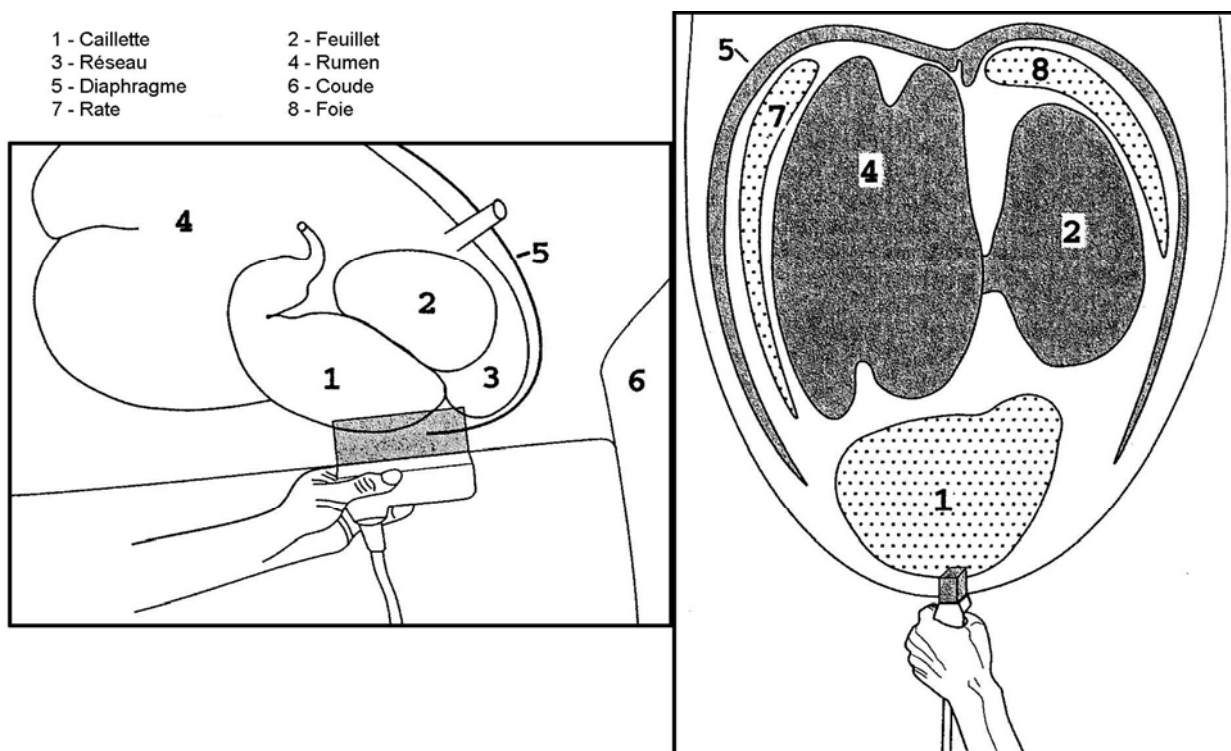


Figure 15 : Représentation schématique de l'échographie de la caillotte, depuis le plan médian ventral en vue latérale droite (schéma de gauche), en coupe transversale et vue caudale de l'abdomen (schéma de droite) (d'après (29)).

Chez 47 des 50 vaches adultes, saines et non gestantes, la caillette a pu être observée, à la fois depuis la ligne ventrale et depuis les deux régions paramédianes (29). Chez deux vaches, la caillette n'était pas visible depuis la gauche du plan médian. Chez une vache, elle n'était pas visible depuis la ligne ventrale, ni à gauche de celle-ci.

2.1.4.2. Aspect normal à l'échographie

La caillette est un organe facilement accessible par échographie en raison de sa proximité à la paroi ventrale de l'abdomen. Cependant, la caillette est difficilement observable s'il y a un engraissement trop important ou une lésion intra-abdominale, située entre l'organe lui-même et la paroi ventrale.

La paroi de la caillette, lorsqu'elle est visible, apparaît souvent mais pas systématiquement comme une étroite ligne échogène. Ainsi sur 49 vaches chez qui la paroi de la caillette a pu être identifiée, seules 29 d'entre elles présentaient une ligne échogène (29).

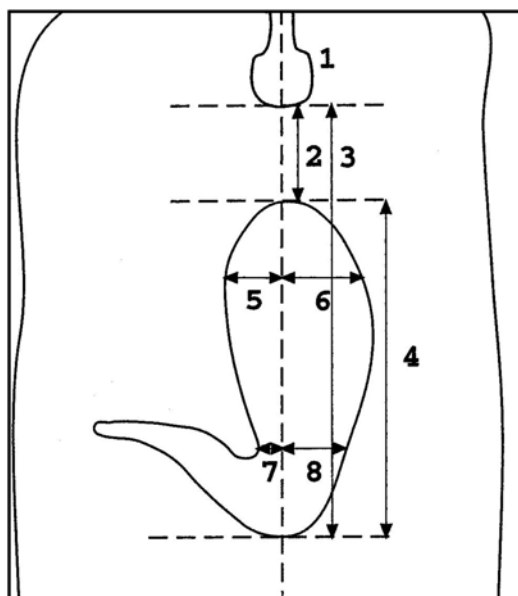
La mauvaise visualisation de la paroi de la caillette se doit, en partie, au contenu très hétérogène de cet organe. En effet, liquide, matières prédigérées, gaz, cailloux et sable s'y mélangent. Ce contenu renvoie une image d'échogénicité modérée et très hétérogène, presque en pointillés (8). Une autre raison non négligeable pour la mauvaise visualisation de la caillette est la finesse de la *tela submucosa* de sa paroi.

Des plis de la caillette peuvent normalement être observés. Ils apparaissent comme des structures plus échogènes dans le contenu de la caillette (photo 5).

Aucune contraction de la caillette, à la différence du réticulum, n'est observée à l'échographie. Seulement des mouvements dorsaux passifs sont visibles pendant la contraction du réseau et ceci en raison des adhésions entre les deux organes (8, 19).

Selon l'étude de Braun (29), le pylore a été identifié de manière certaine uniquement chez une des 50 vaches examinées. Dans ce cas il fut observé depuis le 10^{ème} espace intercostal, 33 cm en arrière du processus xiphoïde et 26 cm à droite de la ligne médiane ventrale. Le pylore était de forme circulaire avec une paroi épaisse échogène et une lumière centrale hypoéchogène. Cet organe ne peut être visualisé que lorsqu'il est adjacent à la paroi abdominale et qu'il se prolonge longitudinalement. Dans ces cas, il est visible en coupe transversale (photo 6). Mais lorsque les ondes traversent le pylore obliquement, il peut ressembler à n'importe quelle coupe d'intestin. Il est alors impossible de l'identifier avec certitude.

La position et les dimensions des caillettes de 50 vaches sont répertoriées dans le tableau 3. La figure 16 représente schématiquement les mesures prises lors des échographies de la caillette. La longueur de la caillette est définie comme sa dimension maximale dans le plan axiale. Sa largeur est définie comme étant la somme des dimensions maximales du plan latéral droit et gauche et sa hauteur est définie par la dimension maximale du plan dorsal.



1. Appendice xiphoïde
2. Bord crânial de la caillette
3. Bord caudal de la caillette
4. Longueur de la caillette
5. Extension latérale gauche de la caillette en région crâniale
6. Extension latérale droite de la caillette en région crâniale
7. Extension latérale gauche de la caillette en région caudale
8. Extension latérale droite de la caillette en région caudale

Figure 16 ; Représentation schématique des mesures effectuées par échographie de la caillette selon une coupe sagittale en vue dorsale (d'après (29)).

Tableau 3 : Résultats de l'examen échographique de la caillette de 50 vaches (d'après (29)).

Dimensions de la caillette (en cm)	Valeurs	Moyenne [σ]
Bord crânial de la caillette/ au processus xiphoïde	0 à 15	8 [3,8]
Bord caudal de la caillette/ au processus xiphoïde	15,4 à 47,9	34,4 [7,27]
Longueur de la caillette	7,4 à 42,9	26,7 [8,32]
Distance maximale entre la ligne blanche et l'extension latérale gauche de la caillette		
En région crâniale	5 à 26	15 [5,17]
En région caudale	5 à 16	8,9 [3,75]
Distance maximale entre la ligne blanche et l'extension latérale droite de la caillette		
En région crâniale	5 à 33	19,3 [7,14]
En région caudale	28 à 36	32 [5,66]
Hauteur minimale	0,7 à 7,2	3,5 [2,0]
Hauteur maximale	3,6 à 11,1	7,6 [1,86]

σ : écart type

Les résultats des mesures effectuées indiquent que la majorité de l'organe est située du côté droit du plan médian et qu'au sein d'une population de bovins adultes, la longueur de la caillette varie énormément d'un sujet à un autre. Enfin, on remarquera que c'est un organe qui reste d'une faible hauteur.

La caillette des bovins adultes présente une taille très variable selon les individus. Ces variations, qu'on observe d'un sujet à un autre, s'appliquent également au cours de la journée pour un même individu. Ces variations traduisent à la fois le très grand pouvoir de distension de ce réservoir mais également le fait que ce dernier occupe sur le

plancher abdominal la place laissée vacante par les autres réservoirs gastriques plus volumineux et plus lourds que lui.

Une méthode échographique pour mesurer le volume de la caillette, sa localisation et le rythme de sa vidange chez de jeunes veaux encore nourris au lait a été élaborée (72). En effet, le volume relatif de la caillette évolue par rapport à celui du rumen avec l'âge des bovins. Chez le veau pré-ruminant, le volume de la caillette est le double de celui du rumen, alors qu'il ne représente que 1/9^{ième} du volume du rumen à l'âge adulte. La topographie de la caillette évolue donc avec l'âge. Chez le veau, la caillette occupe toute la partie ventrale de la cavité abdominale.

L'étude concernait neuf veaux sains de moins de 40 jours (72). Des mesures échographiques ont été effectuées avant et après la prise par les veaux de différents volumes de lait artificiel ou de solution d'électrolytes. Les dimensions de la caillette (longueur, largeur et hauteur), ont été obtenues grâce à l'exploration de la face ventrale de l'abdomen avec une sonde de 3,5 MHz, selon des coupes sagittales et transversales. Le volume de la caillette a été calculé d'après les données échographiques, en modélisant la caillette en une sphère ellipsoïde. Cette modélisation était possible car le volume du pylore est négligeable. Le volume de la caillette pouvait donc être obtenu en utilisant l'équation suivante :

$$\text{Volume} = \text{largeur} \times \text{longueur} \times \text{hauteur} \times \Pi/6$$

Quelques-unes des mesures de la caillette, réalisées sur les veaux de l'étude, sont regroupées ci-dessous (tableau 4). Toutes les dimensions de la caillette s'accroissaient avec l'ingestion de l'alimentation. La caillette était toujours symétrique au plan médian.

Ainsi, l'échographie semble être un examen pertinent dans l'exploration fonctionnelle de la caillette chez les veaux non sevrés. C'est en effet, une méthode pratique, rapide, précise et non invasive qui permet de déterminer à la fois la localisation de la caillette, son volume ainsi que son rythme de vidange (72). Ce dernier peut s'avérer utile dans le suivi et la ré-alimentation d'un veau à diarrhée. En effet, en fonction du volume et du rythme des vidanges, il est possible d'estimer le rythme des tétées à effectuer, afin d'éviter toute déshydratation et de mener à bien la convalescence.

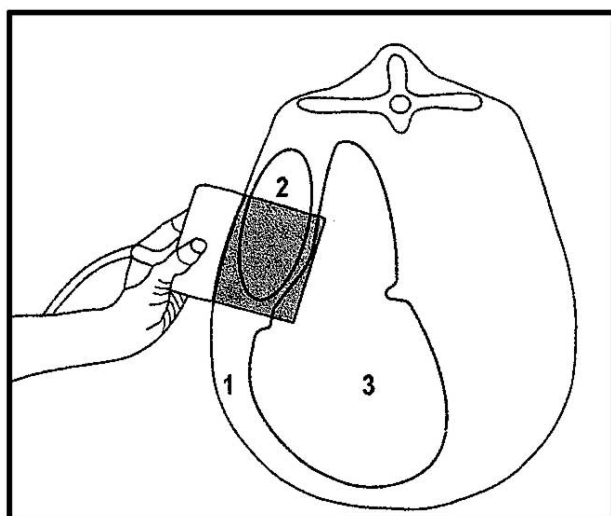
Tableau 4 : Dimensions de la caillette mesurées par échographie chez 6 veaux nourris au lait jusqu'à un volume total de 3 litres absorbé (d'après (72)).

Volume ingéré (en ml)	Longueur (en cm)	Largeur A gauche du plan médian (en cm)	Largeur A droite du plan médian (en cm)	Largeur totale (en cm)	Hauteur (en cm)
0	6,8 ±2,6	3,0 ±1,0	2,0 ±1,2	5,0 ±1,0	3,3 ±0,7
1000	13,0 ±2,8	7,7 ±1,6	7,9 ±1,9	15,7 ±3,5	8,4 ±1,5
2000	16,7 ±3,5	10,2 ±1,5	10,3 ±1,9	20,5 ±3,3	10,6 ±1,2
3000	19,3 ±4,1	12,0 ±0,7	11,6 ±1,4	23,6 ±2,1	12,4 ±1,4

2.1.4.3. Le déplacement de la caillette à gauche

Le déplacement de caillette est une anomalie topographique qui survient le plus fréquemment chez les femelles, quelques jours à quelques semaines après la mise bas. On distingue le déplacement de la caillette à gauche (DCG) de sa dilatation-torsion à droite. Il s'agit d'un déplacement à gauche dans 80 à 90% des cas. Les symptômes généraux sont frustres, mais les signes physiques sont souvent très évocateurs, avec un bruit de flot à la succussion, un bruit tintinnabulant de «ping» à l'auscultation-percussion, ainsi qu'une hypo-motricité, voire une atonie ruminale. Le DCG est un

déplacement partiel ou complet de la caillette entre le rumen et la paroi abdominale gauche. Ce déplacement est représenté dans la figure 17.



1. Paroi abdominale
2. Caillette
3. Rumen

Figure 17 : Représentation schématique d'un DCG, visualisé depuis le 12^{ème} espace intercostal en coupe transversale et vue caudale de l'abdomen (d'après (25)).

Une étude sur la pertinence et l'efficacité du diagnostic de DCG par échographie a été menée sur 48 vaches souffrant de DCG (25). Sur les 48 vaches étudiées, le diagnostic clinique a été établi avec certitude dans 29 cas grâce à des signes cliniques évidents. Face à des signes cliniques moins évidents, le diagnostic est resté incertain dans 18 cas. Dans 1 cas seulement, l'examen échographique a été indispensable au diagnostic.

Chez toutes les vaches souffrant d'un DCG, les données échographiques étaient semblables. Ces données ont été obtenues à l'aide d'une sonde de 3,5 MHz et sont récapitulées dans le tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5 : Comparaison des observations faites entre des vaches atteintes de DCG et des vaches saines (d'après (25, 29)).

	Vaches souffrant de DCG (nombre de vaches concernées sur les 48 de l'étude)	Vaches saines
Contenu de la caillette	Hypoéchogène (34)	Très hétérogène, échogénicité variable
Répartition des gaz	Coiffe dorsale, entraînant des artéfacts de réverbération (46)	Bulles réparties dans le reste du contenu
Plis de la muqueuse	Non discernables ou très peu (47)	Discernables

La paroi du rumen était visible dans la région ventrale et apparaissait comme une épaisse ligne échogène jouxtant la paroi abdominale. Du côté dorsal, le rumen était décollé de la paroi abdominale par la caillette (photo 7). Le contenu de la caillette ne paraissait pas homogène car, du côté ventral, il y avait un contenu alimentaire plus ou moins liquidien et, du côté dorsal, une coiffe de gaz d'extension variable. Le bol alimentaire visible du côté ventral parut hypoéchogène chez 34 des vaches et échogène chez les 14 autres. Les plis de la caillette se distinguaient quelquefois comme des bandes échogènes. Chez 46 vaches, la coiffe de gaz dorsale était caractérisée par des artéfacts de réverbération semblables à ceux que l'on peut observer chez un bovin sain lors de

l'examen échographique des poumons. Ces artéfacts résultaient, d'après l'auteur, de la réflexion des ondes ultrasonores par le gaz de la caillette et de la réverbération entre la sonde et la surface de la caillette. Ils apparaissaient comme des lignes d'échogénicité variable, parallèles à la surface de la caillette, et leur intensité diminuait avec leur éloignement de la sonde. Sur le médian de la coiffe de la caillette, ces réverbérations empêchaient la visualisation de la paroi du rumen. Chez les 2 vaches où on n'observait aucune coiffe gazeuse, la région dorsale de la caillette était hypoéchogène.

L'examen échographique est une méthode simple et valable dans le diagnostic de DCG chez la vache (25, 66). En général les données échographiques se ressemblent. Le déplacement du rumen par la caillette par rapport à la paroi abdominale est caractéristique. Toutefois, l'apparence échographique de la caillette déplacée n'est pas toujours la même. Le bol alimentaire ventral est hypo- à échogène et la coiffe gazeuse dorsale se caractérise par des artéfacts de réverbération. Ainsi, l'examen échographique permet de visualiser les modifications topographiques qui apparaissent lors de DCG, mais compte tenu des signes cliniques, cet examen n'est que très rarement indispensable au diagnostic.

2.1.4.4. La dilatation-torsion de la caillette à droite

L'échographie est utile dans les cas incertains de dilatation-torsion de la caillette à droite (8, 66). En temps normal, si on étudie le côté droit de la zone juste en arrière de la dernière côte et des deux espaces intercostaux précédents, on peut observer, sur le plan ventral, des anses d'intestins grêle en coupe transversale. Moins fréquemment, elles sont visibles aussi en coupe longitudinale. On peut également observer, côté dorsal, du tissu hépatique adjacent à la paroi abdominale droite. Chez les animaux atteints d'une dilatation, le foie n'est plus adjacent à la paroi abdominale et n'est plus visible. La caillette se retrouve à la place du foie, jouxtant la paroi abdominale. Son apparence échographique est alors la même que lors d'un DCG (8, 66). Le diagnostic de cette affection repose sur la modification de la topographie normale des organes et notamment celle des intestins et du foie. Une bonne connaissance de la topographie des organes abdominaux est donc un pré requis indispensable à tout diagnostic par échographie.

2.1.4.5. Défaut de vidange de la caillette

Des défauts de vidange de la caillette peuvent survenir suite à une sténose mécanique ou fonctionnelle du pylore, ou secondairement à un iléus intestinal. Dans ces cas, la caillette est dilatée sans déplacement ni torsion. Elle peut être visualisée sur le côté droit du plan ventral depuis le 8^{ème} et jusqu'au 12^{ème} espace intercostal, en fonction de son taux de surcharge. Contrairement au cas d'un DCG ou d'une dilatation-torsion, il n'y a pas d'accumulation de gaz dans la caillette. Son contenu paraît hypoéchogène et homogène. Il est essentiellement fluide, en raison de la grande quantité d'acide chlorhydrique présente, et permet le plus souvent de bien distinguer les plis de la caillette, qui apparaissent comme de fines vagues échogènes (8).

Lorsqu'un iléus de l'intestin grêle est responsable de cette affection, des anses distendues de grêle sont bien visibles. Mais en cas de sténose du pylore, les anses de grêle sont vides.

L'examen échographique se révèle utile dans l'exploration des pré-estomacs et estomacs. Il permet d'en observer les contours et, pour certains, leur contenu et leur motilité. En cas de pathologie et notamment lors de RPT, de DCG ou de dilatation-torsion de la caillette, l'échographie assure la mise en évidence des modifications structurales qui en découlent et permet donc de faire, ou de conforter, le diagnostic.

Les intestins sont également le siège d'affections qui peuvent être mises en évidence par l'échographie.

2.2. Affections intestinales

Les intestins occupent les 2/3 de la moitié droite de la cavité abdominale (4). Ils sont déplacés à droite, au-delà du plan médian, selon l'état de remplissage du rumen. Pendant la gestation, ils sont repoussés vers la paroi abdominale ventrale. La masse intestinale est normalement contenue dans la bourse supra-omentale délimitée par le grand omentum. Elle est constituée par de l'intestin grêle qui comprend le duodénum (crânial, descendant et ascendant), le jéjunum et l'iléon, et du gros intestin qui est composé par le caecum, le colon ascendant (proximal, spiralé et distal), le colon transverse, le colon descendant et le rectum. Seul l'intestin grêle est en contact avec le flanc droit. Le caecum et le colon n'ont normalement pas de contact avec la paroi abdominale droite.

2.2.1. L'intestin grêle : le duodénum, le jéjunum et l'iléon

L'exploration intestinale peut se faire par palpation de la paroi abdominale mais aussi par palpation transrectale, auscultation percussion à droite ou encore, paracentèse abdominale. Ces méthodes permettent seulement d'apprécier une modification du contenu intestinal. Chez les carnivores domestiques, les moutons et les chèvres, voire chez les veaux, la radiologie fournit des informations précieuses, mais son utilité est loin d'être satisfaisante chez les bovins adultes. L'échographie a été utilisée avec succès en gastro-entérologie chez l'homme d'abord, puis chez les carnivores domestiques. Son utilisation a même été étendue aux moutons et aux équidés. En 1995, une équipe de chercheurs (21) a démontré l'efficacité de l'échographie à décrire l'aspect normal de l'intestin grêle chez la vache.

2.2.1.1. Obtention de l'image échographique

L'examen de l'intestin grêle se fait sur animal debout et par un abord côté droit (figure 18). Cinquante vaches en bonne santé furent observées, permettant ainsi de référencer l'aspect des différentes portions de l'intestin grêle (21).

La région étudiée s'étendait de la tubérosité coxale du fémur au 8^{ème} espace intercostal et des processus transverses des vertèbres lombaires jusqu'à la ligne blanche. Cette zone devait être tondu et recouverte de gel échographique.

La sonde utilisée était une sonde linéaire de 3,5 MHz.

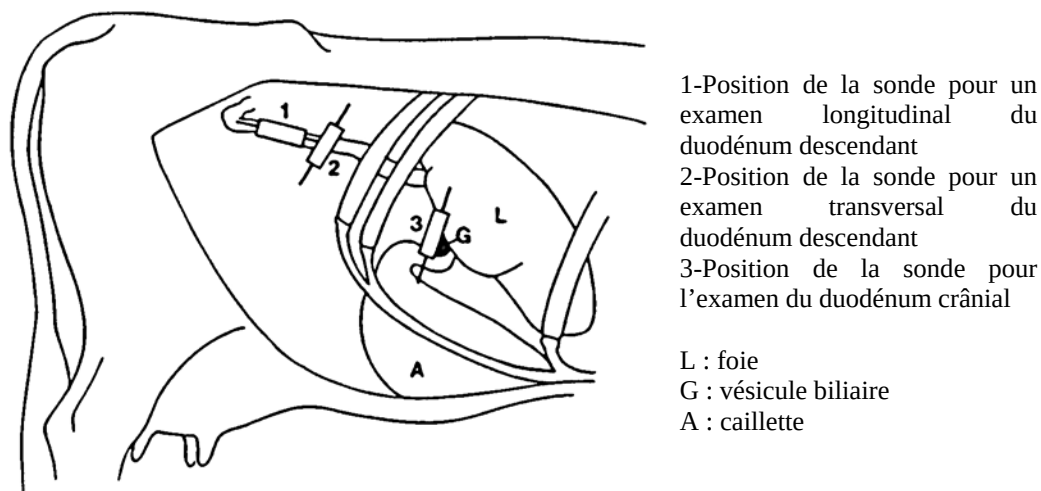


Figure 18 : Représentation schématique de l'échographie du duodénum chez la vache, en vue latérale droite (d'après (21)).

Selon les sujets, la partie crâniale du duodénum fut observée au niveau du 12^{ème}, 11^{ème} et/ou du 10^{ème} espace intercostal. Cette portion du duodénum était facilement identifiable car elle émanait de la caillette et se situait toujours du côté ventral de la vésicule biliaire.

Le duodénum descendant était visible entre les 10^{ème}, 11^{ème} et 12^{ème} espaces intercostaux. Au niveau du 10^{ème} espace intercostal, il se trouvait toujours en position médiane par rapport à la vésicule biliaire. Quand il était visible au niveau du 11^{ème} espace intercostal, il pouvait être observé en position médiane ou ventrale par rapport au foie. Au niveau du 12^{ème} espace intercostal, il était, en général, visualisé ventralement au foie. Lorsque le duodénum descendant était observé par le flanc, il se situait toujours latéralement au gros intestin.

La situation en profondeur du duodénum ascendant ne permettait pas son exploration et il n'a jamais été observé.

Les anses de jéjunum et d'iléon étaient surtout observées en coupe transversale. L'omentum, qui augmente en visibilité quand il est chargé de graisse, apparaît comme une ligne épaisse échogène à l'échographie. Cet organe entoure le duodénum mais n'enveloppe pas les anses de jéjunum et d'iléon. Sa présence permet donc de différencier le duodénum des anses de jéjunum et d'iléon. Le jéjunum et l'iléon, qui ne se différencient pas en échographie, étaient visibles à partir du 9^{ème} espace intercostal et jusqu'au 12^{ème} espace intercostal, depuis la région dorsale à la région ventrale du flanc droit (21).

Les localisations de ces différentes portions d'intestin sont regroupées dans le tableau 6.

Tableau 6 : Localisation des portions d'intestins et fréquence d'observation dans l'étude (d'après (21)).

Portion d'intestin grêle	Localisation de la visualisation	Fréquence d'observation	Remarque
Duodénum crânial (en CL et CT)	EIC 10	38%	Non observable dans 10% des cas
	EIC 11	50%	
	EIC 12	2%	

Duodénum descendant (en CL et CT)	EIC 10	40%	Médialement à la V.b.
	EIC 11	70%	Médialement à la V.b.
	EIC 12	84%	Ventralement au foie
Duodénum ascendant	Non visible	Non visible	Non visible
Jéjunum et iléon (en CT)	EIC 9	12%	
	EIC10	72%	
	EIC 11	100%	
	EIC 12	100%	
	Flanc droit	98%	

EIC : Espace intercostal

V.b. : Vésicule biliaire

CL : Coupe longitudinale

CT : Coupe transversale

L'exploration par échographie de portions de duodénum descendant et d'anses de jéjunum et d'iléon est possible chez quasi toutes les vaches en se plaçant au niveau du 11^{ème} ou 12^{ème} espace intercostal. En revanche la visualisation de portions de duodénum crânial est moins systématique, et ce, quel que soit l'espace intercostal. Le duodénum ascendant, quant à lui, n'est pas visible compte tenu de sa profondeur.

2.2.1.2. Aspect normal à l'échographie

Dans cette même étude (21), on relevait le diamètre, le contenu et la motilité des anses intestinales chez 50 vaches saines. Ces critères étaient évalués à deux reprises pour chaque vache. Les mesures étaient effectuées une première fois dans les 1 à 6 heures post-repas et une deuxième fois dans les 12 à 24h qui suivaient le repas.

L'apparence de l'intestin variait en fonction de son contenu (photo 8). Dans la majorité des cas, le contenu était alimentaire. Ceci lui donnait un aspect hyperéchogène. Quand le contenu était liquidien, il paraissait hypoéchogène. Ces deux types de contenu facilitaient l'observation de la paroi intestinale distale et de la plus proximale. En revanche, en présence d'un contenu gazeux, l'ombre acoustique empêchait toute exploration des parois et même du reste du contenu. Les vaches contiennent peu de gaz dans leur intestin grêle, contrairement aux hommes, chiens et chats la digestion des hydrocarbonates se faisant dans les pré-estomacs (8, 21).

En coupe transversale comme en coupe longitudinale, la partie crâniale du duodénum présentait un diamètre variant de 1,1 à 5,4 cm, et une paroi d'environ 5 mm d'épaisseur. Le diamètre de la partie descendante du duodénum mesurait de 0,9 à 3,7 cm. Le diamètre des anses de jéjunum et d'iléon variait entre 2,2 et 4,5 cm. Toutes ces anses avaient une paroi d'environ 3 mm d'épaisseur. Aucune différence significative n'existait dans le diamètre des anses, entre les deux séries de mesures. Ceci témoignait de la faible influence du repas sur le diamètre des anses de l'intestin grêle.

La motilité intestinale a été observée, pendant 3 minutes lors de chaque mesure. Le type de motilité a été déterminé à partir de coupes longitudinales. Chaque contraction fut dénombrée et typée en tant que contraction péristaltique, oscillante ou un mélange des deux (mixte). L'onde était qualifiée de péristaltique lorsque le contenu alimentaire était repoussé vers l'arrière, et oscillante lorsque ce dernier était poussé d'avant en arrière.

Les contractions du duodénum descendant étaient surtout de type péristaltiques (64% des cas), avec une fréquence de 0,5 à 10 contractions par minute (21).

A l'inverse des anses de duodénum, les anses de jéjunum et d'iléon présentait une motilité permanente. Cette différence de motilité était un autre point de distinction entre les différentes portions du grêle (21).

L'échographie convient donc à l'examen de l'intestin grêle. La distinction entre les différentes portions est possible, exception faite du jéjunum et de l'iléon qu'on ne peut différencier. Le diamètre des anses intestinales est intéressant à connaître en raison d'un syndrome fréquent chez la vache: l'iléus.

2.2.1.3. Iléus de l'intestin grêle

L'iléus de l'intestin grêle est un syndrome couramment rencontré chez la vache. Il s'agit d'un arrêt du péristaltisme intestinal. L'iléus peut être d'origine lésionnel ou fonctionnel. Les obstructions simples peuvent être d'origine intra-luminale (surcharge, obstruction parasitaire, corps étranger) ou extra-luminale (tumeurs, abcès, lipomes pédiculés, adhérences avec d'autres organes, compressions). Les obstructions étranglées découlent d'affections, telles que la strangulation, l'intussusception ou le volvulus. L'iléus fonctionnel est un iléus paralytique dont l'origine demeure bien souvent idiopathique. L'observation d'un ensemble de signes évocateurs, décelés lors de l'examen clinique, permet bien souvent de détecter la présence d'un iléus du grêle (5). La palpation transrectale a longtemps été le meilleur moyen de sa mise en évidence. En effet, celle-ci permet de palper la distension des anses de grêles. Pourtant, sur 35 bovins atteints d'iléus du grêle, seuls 14 cas de cette maladie ont pu être décelés par palpation transrectale (22). De même, dans un cas d'obstruction du duodénum causée par un déplacement de la vésicule biliaire, la distension du grêle n'a pas été révélée par palpation transrectale (5). Ainsi, cette méthode aurait ses limites dans la mise en évidence de l'iléus. L'échographie est, en revanche, une méthode efficace dans la mise en évidence de cette affection (22). Chez les individus qui souffrent d'iléus, on observe, en amont de l'iléus, une ou des anses très dilatées et, en aval des anses vides. L'iléus entraîne secondairement un œdème de la paroi intestinale. Du liquide péritonéal, qui résulte de la congestion vasculaire des vaisseaux mésentériques, est souvent visible en région déclive.

Dans une étude regroupant 35 bovins souffrant d'iléus du grêle, l'intestin grêle a été exploré par échographie au moyen d'une sonde linéaire de 3,5 MHz (22). L'abord s'est fait à la fois par le flanc droit et par les espaces intercostaux 8, 9, 10, 11 et 12. Il ressort de l'étude qu'une dilatation des anses intestinales est visible à au moins un endroit chez tous les sujets. A ces endroits, le diamètre atteint plus de 3,5 cm. Le nombre d'anses dilatées varie selon la localisation de l'iléus. En effet, lors d'iléus du duodénum, seule une anse dilatée est observée la plupart du temps. En revanche, un iléus du jéjunum ou de l'iléon provoque la distension d'un minimum de 5 anses. Le jéjunum est de loin la localisation la plus fréquente de l'iléus (71%).

Les diamètres de ces anses varient selon leur nature. Lors d'un iléus du duodénum, le diamètre des anses mesure entre 6,5 et 9,9 cm. Un iléus du jéjunum entraîne une distension de 3,5 à 9,8 cm de diamètre. Pour un iléus de l'iléon, la dilatation est de 4,4 à 5,5 cm. Tous ces résultats sont regroupés dans le tableau 7.

Selon la localisation de l'iléus, l'observation de la distension des anses s'est effectuée principalement en coupe transversale, moins souvent en coupe transversale et longitudinale et très rarement uniquement en coupe longitudinale. La sévérité de la dilatation intestinale observée est la même, vue depuis les espaces intercostaux ou par le flanc. La dilatation des anses est plus importante proximale à l'iléus. Plus l'iléus est distal, plus le nombre d'anses distendues est important (8).

Le contenu des anses dilatées apparaît échogène et/ou anéchogène, mais, contrairement aux observations faites chez le chien et l'homme, ce contenu ne paraît jamais gazeux (22).

Un péristaltisme, modérément à sévèrement diminué, a été observé chez plusieurs vaches mais, dans la plupart des cas, aucune contraction n'a été visible.

Tableau 7 : Caractéristiques des iléus visualisés par échographie chez 35 bovins (d'après (22)).

Localisation de l'iléus	Nombre de bovins atteints	Abord	Nombre d'anses distendues visibles	Diamètre observé (en cm)	Diamètre normal (en cm)
Duodénum	3	Flanc, 12 ^{ème} , 11 ^{ème} , 10 ^{ème} EIC	1	6,5-9,9 (7,7±1,9)	0,9-3,7 (2,4 ±0,6)
Jéjunum	25	Flanc, 12 ^{ème} , 11 ^{ème} , 10 ^{ème} , 9 ^{ème} , 8 ^{ème} EIC	5 à 10 anses	3,5-9,8 (5,5 ±1,7)	2,2-4,5 (3,2 ±0,4)
Iléum	7	Flanc, 12 ^{ème} , 11 ^{ème} , 9 ^{ème} , 8 ^{ème} EIC	5 à 10 anses	4,4-5,5 (5 ±0,4)	2,2-4,5 (3,2 ±0,4)

EIC : espace intercostal

Dans 6 cas, l'origine de l'iléus pouvait être mise en évidence par échographie. Chez une vache, l'iléus s'expliquait par la compression du duodénum due à la présence d'un abcès hépatique. Chez une autre, la compression du duodénum se faisait entre le foie et la vésicule biliaire. L'iléus était expliqué chez une autre vache par une invagination du jéjunum, mise en évidence par l'observation à l'échographie de deux cercles concentriques. L'entrappement d'une anse dans la paroi abdominale permit d'expliquer un autre cas d'iléus. Enfin, deux vaches souffraient de péritonite généralisée, accompagnée d'adhésions fibrineuses et d'un épaissement des parois intestinales.

Un cas rapporté par Boerom *et al.* (5) attribut l'iléus à l'obstruction du duodénum par un déplacement de la vésicule biliaire. Le déplacement de la vésicule biliaire a pu être mis en évidence par son absence à sa place habituelle lors de l'examen échographique.

Lors de suspicion d'iléus du grêle, un examen échographique doit permettre d'évaluer le diamètre, la motilité et la disposition anatomique des anses. Il peut également mettre en évidence un début de péritonite, voire même la cause de l'iléus. Cependant, les deux paramètres les plus importants sont le diamètre et la motilité des anses. Il est rarement possible de mettre en évidence la cause de l'iléus par échographie.

2.2.1.4. Impaction de l'iléon

L'impaction de l'intestin grêle est une affection sous-estimée d'après certains auteurs (59). Il s'agit d'une obstruction de la lumière de l'intestin sans aucune incidence, initialement, sur la vascularisation de la paroi digestive. Les signes cliniques qui l'accompagnent sont souvent d'expression plus discrète et d'évolution plus lente que ceux d'un iléus. Une équipe a mené une étude rétrospective sur 22 cas d'impaction iléal chez des bovins, afin de déterminer le diagnostic et le traitement le plus approprié (59). La palpation transrectale permettait de mettre en évidence une distension des anses de grêle chez 19 bovins et une distension des anses du gros intestin chez 3 sujets. Chez une

vache, la palpation transrectale ne pouvait être réalisée en raison de contractions du rectum trop importantes. L'examen échographique, mené sur 17 des sujets, mettait en évidence une dilatation des anses de l'intestin grêle chez 15 d'entre eux. Ces anses, d'un diamètre pouvant aller jusqu'à 6,1 cm, s'observaient dans la région du flanc droit et de la fosse paralombaire chez 5 sujets et au niveau du 10^{ème} espace intercostal chez 10 autres. Chez les 2 vaches restantes, les images échographiques révélaient une dilatation du gros intestin. Enfin, chez 7 bovins, une accumulation de liquide intra-abdominale était constatée. Ces images étaient donc semblables à celles observées lors d'iléus fonctionnel.

Un diagnostic définitif par échographie n'était donc pas possible. Mais un diagnostic définitif basé sur la palpation transrectale était également impossible. L'impaction ne put jamais être palpée ou visualisée. L'aspect et les contenus des différents réservoirs et segments digestifs étaient examinés par laparotomie exploratrice. Le diagnostic d'impaction de l'iléon était fait lorsque la seule anomalie intra-abdominale constatée était l'impaction partielle ou complète de l'iléon par un contenu ferme.

L'échographie est un moyen efficace de mettre en évidence un iléus de l'intestin grêle, mais ne permet pas de distinguer une impaction d'un iléus. Lorsque plus de 5 anses sont distendues sur une même image échographique, un iléus du jéjunum ou de l'iléon est présent.

2.2.2. Le caecum

Le caecum est souvent impliqué lors de désordre digestif chez la vache. Après avoir démontré l'utilité de l'examen échographique pour mettre en évidence des pathologies de l'intestin grêle, il est cliniquement intéressant de se pencher sur cette portion du gros intestin.

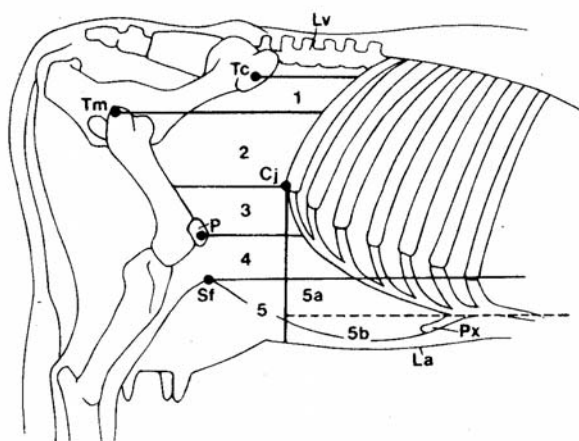
Le caecum a une forme cylindrique et légèrement sigmoïde. Son diamètre est d'environ 10 cm. Du côté crânial, il se trouve en continuité avec l'iléon via la papille iléo-caecale. L'extrémité caudale du caecum, qui n'est pas maintenue par du mésentère, est relativement mobile dans l'abdomen (4). Le caecum est en continuité avec le colon ascendant (annexe 2).

2.2.2.1. Obtention de l'image échographique

L'examen échographique du caecum est réalisé depuis le côté droit des animaux, sur une zone s'étendant du postérieur droit à la 7^{ème} côte, d'une part, et des processus vertébraux jusqu'à la veine mammaire, d'autre part (10).

L'examen est réalisé sur vache debout à l'aide d'une sonde linéaire de 3,5 MHz.

Pour un repérage plus aisé, la région abdominale droite est divisée longitudinalement en trois régions (figure 19) par deux lignes horizontales. La première ligne, passant par le grand trochanter, délimite une région dorsale et une région moyenne. Une seconde ligne, qui passe par le grasset, détermine la limite entre la région moyenne et la région ventrale.



1. Région entre le tuber coxae et le trochanter majeur
 2. Région entre le trochanter majeur et la jonction costo-chondrale
 3. Région entre la jonction costo-chondrale et la patelle
 4. Région entre la patelle et le pli du grasset
 5. Région entre le pli du grasset et la ligne blanche
 - 5a. Côté dorsal de la région xiphoïdienne
 - 5b. Région xiphoïdienne
- Lv : vertèbres lombaires Tc : tuber coxae
 Tm : trochanter majeur Cj : jonction costo-chondrale
 P : patelle Sf : pli du grasset
 Px : processus xiphoïde La : ligne blanche

Figure 19 : Représentation schématique des marges ventrales et dorsales des intestins, vue latérale droite (d'après (21)).

Le caecum est le plus souvent visible dans la région moyenne jouxtant la paroi abdominale, où il décrit un cheminement caudo-crânial. Quelque fois il peut s'observer dans la région dorsale. Des anses de jéjunum peuvent s'observer en position ventrale par rapport au caecum (10).

2.2.2.2. Aspect normal à l'échographie

Le caecum est le plus souvent visualisé en coupe transversale. Seule la paroi latérale du caecum, c'est-à-dire celle située contre la paroi abdominale, est observable. La paroi médiale n'est jamais visible. En effet, le contenu très gazeux du caecum empêche toute observation plus profonde. La paroi latérale du caecum apparaît comme une épaisse ligne échogène en forme de croissant (8, 10).

L'aspect du contenu du caecum varie. Il peut apparaître hyper ou hypo échogène (10). Dans bien des cas, ce contenu ne peut être visualisé en raison du gaz et des artéfacts qui en résultent.

Selon le cas, le caecum présente en moyenne un diamètre de 9,7 cm avec un intervalle de 7 à 18 cm.

2.2.2.3. La dilatation / torsion du caecum

Le diagnostic d'une dilatation du caecum se fait sans difficulté lorsque la dilatation est palpable par voie transrectale. Toutefois, le diagnostic se complique si la dilatation s'accompagne d'une rétroflexion du caecum ou d'une autre entité : un déplacement de caillette, par exemple, ou d'un iléus du grêle. L'échographie peut alors être un outil précieux dans le diagnostic différentiel.

Une étude a été menée pour déterminer si l'échographie pouvait améliorer le diagnostic de dilatation, rétroflexion ou torsion du caecum apporté par l'examen clinique (11). L'étude était basée sur l'observation de 30 vaches présentant une dilatation caecale (photo 9).

Chez les 30 vaches, le caecum dilaté était visible depuis le flanc droit à hauteur du tuber coxae, mais également depuis le 12^{ème} espace intercostal chez 11 vaches, depuis le 11^{ème} espace intercostal chez 5 vaches, et depuis le 10^{ème} espace intercostal chez 3 vaches. Le diamètre du caecum variait de 7 à 25 cm, selon les sujets, avec une moyenne de 17,6 cm.

Lors de dilatation du caecum, on remarquait comme suit (8, 11) :

- le foie, dont la position était normale dans 23 cas, était déplacé du côté crânial par du gros intestin distendu dans 6 cas.
- le caecum distendu pouvait s'observer dans la région ventrale et depuis les 12^{ème}, 11^{ème} et 10^{ème} espaces intercostaux.
- l'anse spirale du colon ascendant n'était pas toujours visible. Elle était quelquefois repoussée médialement par le caecum distendu.

2.2.3. Le colon

Les hydrocarbonates, toujours présents dans le bol alimentaire après leur passage dans les estomacs, fermentent dans le gros intestin. Le gaz qui en résulte complique l'échographie de ce compartiment digestif (8). Le colon est toujours visible depuis le flanc. Il est situé médialement au duodénum descendant. Les anses du colon se différencient aisément des anses de grêle de par leur contenu très gazeux.

Une étude échographique porta sur le colon ascendant de 10 vaches saines (10) selon la même procédure que celle utilisée pour le caecum. Deux lignes horizontales, l'une partant du grand trochanter et l'autre du grasset, délimitaient trois régions : dorsale, moyenne et ventrale. Ces régions permettaient une description plus précise de la localisation des anses. Le colon ascendant, composé de l'anse proximale et de l'anse spirale, était visible à l'échographie.

2.2.3.1. Obtention de l'image échographique

L'anse spirale et le colon descendant sont observables du côté dorsal du caecum, proches de la paroi abdominale. Ils peuvent être suivis en déplaçant la sonde caudo-crânialement. Le colon descendant est situé au-dessus de l'anse spirale. Dans le tableau 8 figurent les localisations et diamètres des anses proximales et spirales chez 10 vaches.

Tableau 8 : Localisation des anses de colon (d'après (10)).

	Localisation	Nbre de vaches	Diamètre
Anse proximale	Région crânio-dorsale	8	En moyenne 8 cm [5-15 cm] au niveau 12 ^{ème} EIC 5,3 cm [3,1-6 cm] plus caudo-dorsalement
	12 ^{ème} EIC	10	
	Région moyenne	7	
	Région moyenne et dorsale	1	
	Région dorsale	1	
	Côté ventral du foie	3	
Anse spirale	Flanc droit	10	Diamètre identique, quelle que soit la localisation, variant de 2,1 à 5 cm
	12 ^{ème} EIC	2	
	A hauteur du tuber coxae	5	
	Région dorsale	3	
	Région moyenne	6	

EIC : Espace intercostal

2.2.3.2. Aspect normal à l'échographie

Le colon est toujours visualisé en coupe transversale. Malgré l'identification incertaine de la jonction entre le caecum et l'anse proximale du colon ascendant dans cette étude, l'anse proximale se reconnaît de par sa position anatomique et son diamètre, qui est inférieur à celui du caecum. Cependant, dans une autre étude (11) menée sur 30 vaches, la papille iléo-caecale pouvait être visualisée par échographie chez 11 cas.

Seule la paroi latérale du colon, celle située la plus près de la paroi abdominale, est visible par échographie en raison du contenu gazeux de la lumière digestive (8). La paroi la plus éloignée du transducteur ne peut être observée. La paroi latérale a l'apparence d'une ligne semi-circulaire très échogène. Lors de sa contraction, l'anse spirale du colon montre une forme en vague, ou en «guirlandes». Son contenu digestif, majoritairement gazeux, paraît hyperéchogène et les contractions sont peu nombreuses, contrairement à celles de l'intestin grêle (8).

2.2.3.3. Anomalies du colon

A notre connaissance, aucune donnée bibliographique disponible ne traite d'affection du colon exploré par échographie. Toutefois, l'échographie permet d'apprécier l'épaisseur de la paroi du colon et sa motilité et ainsi de traduire, respectivement, une inflammation ou une stase.

Ainsi, l'aspect des anses d'intestin grêle et de celles du gros intestin est complètement différent à l'échographie. En image échographique, l'intestin grêle et le gros intestin diffèrent par leur position, apparence et diamètre. L'ensemble des parois de l'intestin grêle est visible et son contenu apparaît, le plus souvent, échogène. A l'inverse, le gros intestin, rempli de gaz, n'offre à l'examen échographique qu'une seule paroi latérale et un contenu hyperéchogène.

2.3. Affections des annexes digestives

Le foie et le pancréas sont deux organes abdominaux parenchymateux, annexés au tube digestif. Tous deux sont situés en région crâniale de l'abdomen. Le diagnostic clinique des affections hépatiques et pancréatiques est généralement délicat. L'exploration par imagerie de ces organes s'est considérablement améliorée en médecine vétérinaire avec le développement de l'échographie. Cependant, cette technique a surtout été étudiée et développée chez les carnivores domestiques et chez les équidés. Il a fallu attendre 1990 pour que des études recensent la localisation, la taille, ainsi que l'aspect normal du foie bovin à l'échographie (7). Pourtant les affections hépatiques notamment chez les vaches laitières sont fréquentes.

2.3.1. Le foie et la vésicule biliaire

Le foie se projette du côté droit, en arrière du champ pulmonaire, avec une orientation dorso-ventrale (4). Il est situé sous les côtes (entre la 6^{ème} et la 13^{ème} côte, selon les auteurs) et, normalement, ne dépasse pas le cercle de l'hypochondre (annexe 2). Il se compose d'un parenchyme hépatique, de vaisseaux et d'un système biliaire (figure 20). Lorsque toutes ces structures sont observées, sa description est complète.

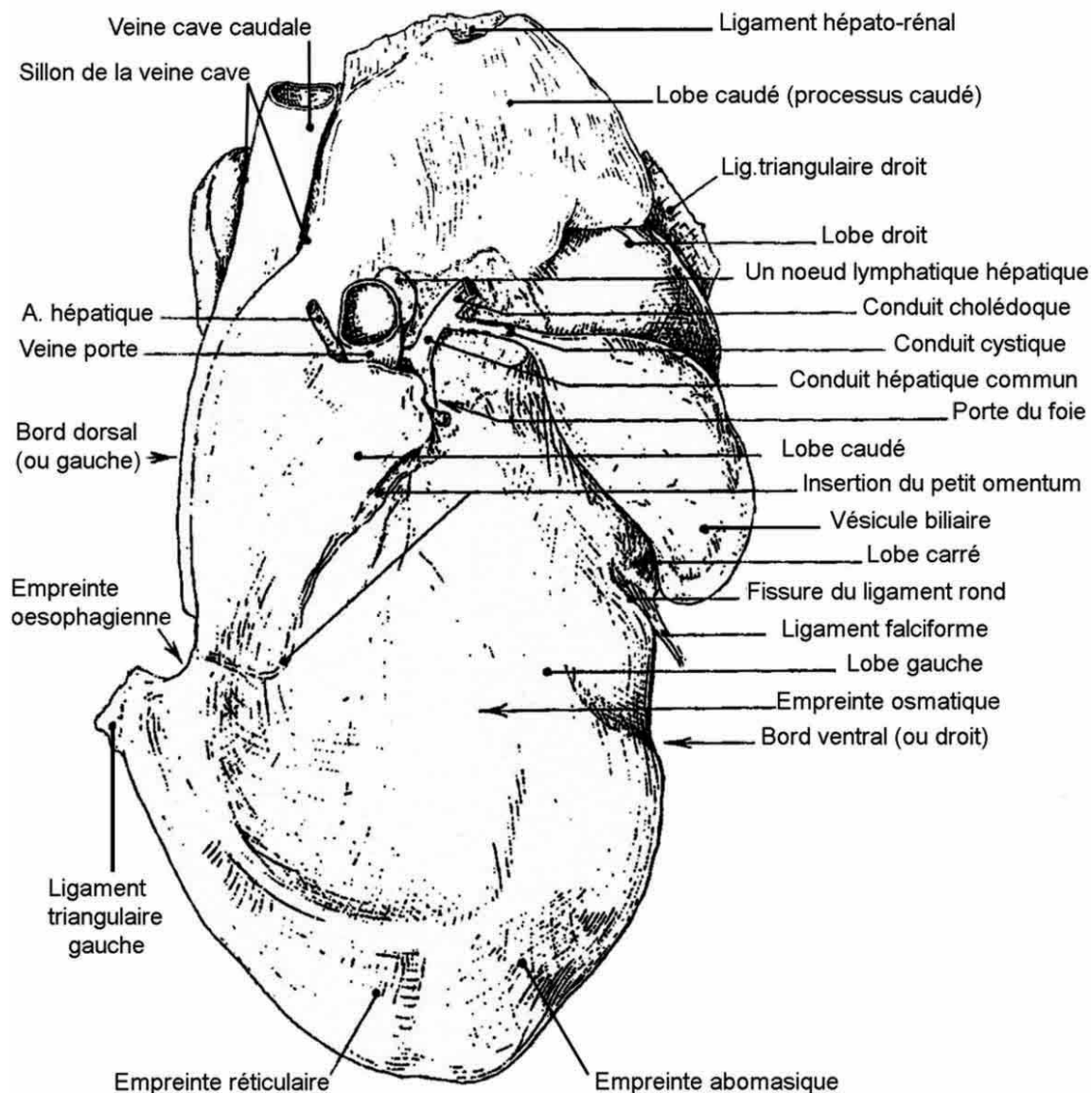


Figure 20 : Foie de bovin isolé, face viscérale (d'après (4)).

Les valeurs échographiques de «référence» des différentes structures présentées ci-après ont été obtenues par plusieurs études (7, 14). Une première étude concernait l'examen hépatique de dix vaches, cliniquement saines et non gestantes. Des observations échographiques s'effectuaient sur chaque vache, à dix reprises, pendant deux semaines. Une deuxième étude impliquait un effectif beaucoup plus important, puisqu'elle comptait 186 vaches d'âge et de race divers.

Lors de suspicion clinique d'atteinte du foie (ictère par exemple), l'échographie est un des examens à réaliser en première intention. Elle apporte, en effet, des éléments diagnostiques discriminants permettant de dresser une liste d'hypothèses diagnostiques.

2.3.1.1. Obtention des images échographiques

Les vaches étaient examinées debout sans administration préalable de tranquillisant. L'exploration du côté droit fut menée du 6^{ème} ou du 7^{ème} espace intercostal, jusqu'à la distance d'une main en arrière de la dernière côte. Après la tonte

de cette zone et l'application de gel échographique, l'examen se pratiqua à l'aide d'une sonde linéaire de 3,5 MHz.

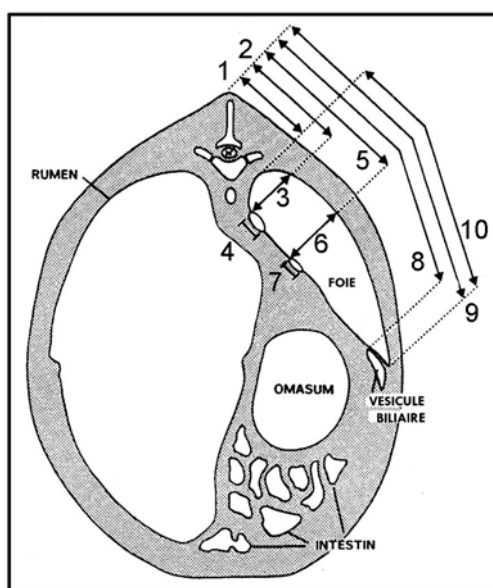
L'examen des 12^{ème}, 11^{ème}, et 10^{ème} espaces intercostaux s'effectue en progressant de la région dorsale vers la région ventrale. L'examen des espaces intercostaux situés plus loin du côté crânial (9^{ème}, 8^{ème}, et 7^{ème} espaces intercostaux) est peu intéressant, en raison de la présence du tissu pulmonaire qui empêche l'observation du tissu hépatique.

La vésicule biliaire peut être visualisée à l'échographie (15). En effet, au cours d'une étude regroupant 186 vaches (14), on pouvait observer la vésicule biliaire de 182 d'entre elles. Elle est visible lorsqu'on place la sonde au niveau du 10^{ème}, du 11^{ème}, voire du 9^{ème} espace intercostal et descend d'environ 35 à 45 cm par rapport à la ligne médiane du dos (15). Mais la vésicule biliaire n'est jamais observable depuis le 12^{ème} espace intercostal (7). L'observation la plus fréquente de la vésicule biliaire se fait sur deux espaces intercostaux (chez 123 vaches) et plus rarement au niveau d'un seul espace intercostal (chez 47 sujets). Dans des cas peu fréquents, elle peut être observée depuis les trois espaces intercostaux différents. Chez la plupart des bovins, la vésicule biliaire présente sa taille maximale depuis le 9^{ème} espace intercostal (14).

2.3.1.2. Aspect normal à l'échographie

Le parenchyme hépatique du foie apparaît comme une structure finement granuleuse d'échogénicité homogène. Il est quelquefois difficile d'observer la surface hépatique viscérale, en raison des nombreuses anses intestinales adjacentes (7). Les veines portes et hépatiques sont visibles (photo 10). A l'image échographique, les vaisseaux forment des structures tubulaires au contenu anéchogène et apparaissent donc en noir sur l'écran. Les veines portes ont une paroi échogène et divergent à partir de la veine porte principale, tandis que les veines hépatiques n'ont pas de paroi échogène et convergent vers la veine cave caudale (7, 52). Les canaux biliaires ne sont pas visibles.

Différentes mesures ont été relevées. Elles sont représentées dans la figure 21.



- 1- limite dorsale du foie
- 2- limite dorsale de la veine cave caudale-(v.c.c.)
- 3- profondeur de la v.c.c.
- 4- diamètre de la v.c.c.
- 5- limite dorsale de la veine porte-(vp)
- 6- profondeur de la v.p.
- 7- diamètre de la v.p.
- 8- limite dorsale de la vésicule biliaire
- 9- limite ventrale du foie
- 10- taille du foie

Figure 21 : Représentation schématisée des mesures déterminées par échographie, coupe transversale, vue caudale (d'après (7)).

La taille du foie, établie par échographie au niveau du 12^{ème} espace intercostal, est en moyenne selon l'étude de 24,9 cm ($\pm 3,89$) (7) ou de 25,5 cm ($\pm 7,3$) (14). Mesuré au niveau

du 10^{ème} espace intercostal, le foie est en général un peu plus grand, avec une taille moyenne de 26 cm ($\pm$ 5,6). Cette dimension est la plus élevée au niveau du 11^{ème} espace intercostal (30,1 cm $\pm$ 6,1) (14). Du côté crânial et du côté caudal de cet espace intercostal, elle diminue.

Une hépatomégalie peut être suspectée lorsque le foie a une taille supérieure à 35 cm au niveau d'un espace intercostal (7).

Il est conseillé de relever les différentes mesures au niveau du 11^{ème} espace intercostal (7). L'appréciation de la texture du foie peut être pratiquée depuis le 12^{ème}, 10^{ème}, 9^{ème}, 8^{ème} et 7^{ème} espace intercostal.

L'épaisseur du foie est mesurée au passage de la veine cave caudale, où elle varie de 8,2 à 15,4 cm et au niveau de la veine porte, où elle varie de 4,1 à 14,1 cm (14). Seule une corrélation entre l'épaisseur du foie déterminée à l'échographie et le poids du foie à l'autopsie a pu être établie. L'épaisseur du foie augmente avec son poids et il est ainsi possible de déterminer le poids du foie avec une précision de 30% (14).

La veine cave caudale est toujours observée dorsalement à la veine porte et plus médialement que cette dernière. Lors d'observations en coupe transversale, la veine cave caudale a toujours une forme triangulaire. Elle est principalement visible depuis le 11^{ème} et le 12^{ème} espace intercostal et a, au niveau de tous les espaces intercostaux, un diamètre comparable, compris entre 2,5 et 3,7 cm selon les vaches (14). Elle est considérée comme dilatée lorsque son diamètre est supérieur à 4 cm. La veine cave caudale se situe à une profondeur d'environ 11,5 cm. Si celle-ci est supérieure à 15 cm, elle traduit une augmentation de la taille du foie.

Selon le sujet, la veine porte est visible dans une zone s'étendant du 8^{ème} au 12^{ème} espace intercostal. Elle est essentiellement visualisée au niveau du 10^{ème} et 11^{ème} espace intercostal mais peut également s'observer depuis le 8^{ème}, 9^{ème} et 12^{ème} espace intercostal (14, 65). La veine porte présente une section en coupe transversale bien ronde (photo 10) et un diamètre toujours plus important que celui de la veine cave caudale (3 à 4 cm de diamètre). Elle est considérée comme dilatée lorsque son diamètre est supérieur à 4,5 cm (14, 65). Sa profondeur est d'environ 10,3 cm. Une profondeur supérieure à 13 cm est anormale. Ces données sont récapitulées dans le tableau 9.

Tableau 9 : Comparaison des caractéristiques de la veine cave caudale et de la veine porte visualisées à l'échographie (d'après (7)).

	Veine cave caudale	Veine porte
Fenêtre acoustique	Entre le 11 ^{ème} et 12 ^{ème} EIC	Entre le 8 ^{ème} et le 12 ^{ème} EIC
Forme en section transversale	Triangulaire	Ronde
Diamètre	2,5 à 3,7 cm	Supérieur à la VCC 3 à 4 cm
Position	Dorsalement à la VP Médialement à la VP	Ventralement à la VCC Latéralement à la VCC
Profondeur/ à la surface cutanée	11,5 cm	10,3 cm

EIC : espace intercostal

VCC : veine cave caudale

VP : veine porte

A l'échographie, la vésicule biliaire est facilement identifiée comme une structure en forme de poire anéchogène (photo 11), ou faiblement échogène, entourée d'une paroi fine, directement adjacente à la surface viscérale du foie (7). La taille de la vésicule dépend de l'heure précise du dernier repas ingéré et varie énormément au cours

de la journée. Les animaux à jeun ont une vésicule plus grosse. La vésicule biliaire des vaches peut varier de 3,5 à 14,3 cm ($8,5 \pm 2,5$) en longueur et de 0,8 à 7,7 cm ($3,9 \pm 1,6$) en largeur, son diamètre ne devant physiologiquement pas excéder 30 cm. La vésicule peut contenir de la «boue» biliaire échogène qui n'a pas de signification sémiologique particulière. Les canaux biliaires ne sont physiologiquement pas visibles à l'échographie (23).

2.3.1.3. Influence de la gestation et de l'âge sur l'aspect du foie

L'influence du stade de la gestation sur l'aspect du foie et des vaisseaux l'accompagnant a pu être documentée grâce au suivi de trois femelles gestantes (14). L'étude échographique des trois femelles s'effectuait à huit reprises au cours de leur gestation. On notait une corrélation positive entre le stade d'avancement de la gestation et le diamètre de la veine cave caudale. A l'inverse, une corrélation négative était observée entre l'avancement de la gestation et le diamètre de la veine porte. Ainsi, au cours de la gestation, le diamètre de la veine cave caudale augmentait tandis que le diamètre de la veine porte diminuait. Cette augmentation, avec l'avancement de la gestation pourrait être attribuée au débit accru des veines utérines vers la veine cave caudale. A l'opposé, les vaches en fin de lactation et hors lactation (période sèche) ont des besoins moindres. Ceci pourrait expliquer un débit sanguin mésentérique réduit et, en conséquence, une diminution du diamètre de la veine porte (14).

Ni la race ni l'âge n'ont d'influence significative sur l'aspect du foie et de ses vaisseaux à l'échographie (14). Toutefois, à un âge avancé, des remaniements fibrineux pourraient apparaître avec le vieillissement du foie (14). Chez l'homme adulte, par exemple, le foie représente 2,5% du poids vif. Mais, entre 30 et 50 ans, le foie humain commence à rétrécir en raison de changements fibrotiques et, à 90 ans, son poids ne constitue que 1,6% du poids vif de l'individu (14).

L'examen échographique du foie chez la vache est donc tout à fait réalisable. Cependant, il faut noter que cet examen peut être délicat chez les vaches grasses et/ou celles ayant une importante circonférence abdominale (7, 46). En effet, dans ces cas, la profondeur des structures peut être trop importante pour les capacités d'une sonde de 3,5 MHz.

L'incidence des affections hépatiques chez la vache est non négligeable, notamment en élevage laitier. Des abcès hépatiques se développent fréquemment et peuvent engendrer des signes d'indigestion chronique, d'hyperthermie, d'amaigrissement ou, encore, une baisse des performances productives. Or, ces signes non spécifiques compliquent et retardent le diagnostic.

L'échographie, qui permet d'explorer une partie du foie, paraît être un outil efficace dans l'identification de certaines affections hépatiques.

2.3.1.4. Abcès hépatique

Les abcès hépatiques sont fréquemment rencontrés chez les bovins. Leur apparition peut être liée à différentes causes. Une alimentation riche en concentrés, par exemple, accroît la fréquence des abcès hépatiques, avec une incidence pouvant atteindre jusqu'à 60% du cheptel (46). Lors d'une infection systémique, des bactéries peuvent atteindre le foie via l'artère hépatique et, chez les veaux à omphalite, coloniser le foie via la veine ombilicale (photo12). Une cholangite, due à une fasciolose, ou une infection ascendante du canal cholédoque peut également aboutir à une abcédation hépatique. De même, il est possible qu'un corps étranger présent dans le réticulum traverse la paroi de

ce dernier et lèse le foie (26). *Fusobactérium necrophorum* est la principale bactérie mise en cause lors du développement de ces abcès. Elle semble accéder au foie via des lésions dans la paroi du rumen (46). De nombreuses études ont été menées afin de préciser le mécanisme de formation de ces abcès, notamment en effectuant des inoculations bactériennes (41, 44). D'autres études ont cherché à déterminer des outils de diagnostic précoce et fiable pour assurer leur détection rapide (26, 46). Pour toutes ces études, l'échographie s'est avérée un examen de choix.

La grande majorité des abcès se découvrent à l'autopsie. Pourtant, l'échographie se révèle un très bon outil pour diagnostiquer *ante mortem* des abcès hépatiques. Dans une étude concernant neuf vaches, les abcès de huit d'entre elles ont été observés par échographie (46). Or, au vu des résultats des analyses sanguines (protéines totales, albumines, globulines, ratio albumine/protéines, fibrinogène, aspartate amino-transférase (ASAT) et la gamma glutamyl transférase (GGT)), aucune différence significative ne pouvait être mise en évidence entre les vaches atteintes d'abcès hépatiques et les indemnes. Ces dernières n'ont donc pas aidé à établir le diagnostic. Ainsi, la plupart des auteurs (26, 46) s'accordent sur le fait que la clinique et les résultats des analyses biochimiques et hématologiques sont loin d'être spécifiques d'abcès hépatiques.

L'apparence échographique d'abcès hépatiques expérimentalement induits a été décrite (41, 44). Au cours de ces expériences, *Fusobacterium necrophorum* était inoculé aux vaches via la veine porte, sous guidage échographique. Des examens échographiques répétés fournissent les images de la formation et l'évolution des abcès. L'équipe de Braun (26) fut la première à observer l'évolution d'abcès survenus naturellement sur 11 vaches. L'ensemble de leurs observations est regroupé dans le tableau 10 ci-dessous. Chez toutes les vaches, la confirmation du diagnostic s'effectua par l'analyse du liquide d'aspiration après ponction de l'abcès.

Tableau 10 : Localisation et aspect échographique d'abcès hépatiques chez 11 vaches (d'après (26)).

Caractéristique des abcès hépatiques	Classification	Nombre de vaches
Nombre d'EIC impliqués	1	3
	2	5
	3	2
	4	1
Localisation des abcès dans le foie	Caudo-dorsale (11 et 12 ^{ème} EIC)	3
	Au centre (9 et 10 ^{ème} EIC)	5
	Crânio-ventrale (6, 7 et 8 ^{ème} EIC)	3
Aspect de la capsule de l'abcès	Bien distinct	9
	Peu distinct	2
Aspect du contenu de l'abcès	Echogène	6
	Anéchogène	2
	Echogène avec points hyperéchogènes	3
Diamètre de l'abcès	5 à 10 cm	4
	11 à 15 cm	4
	≥ 15 cm	3
Zone de contact avec la surface du foie	Contact avec la surface diaphragmatique	8
	Contact avec la surface viscérale	2
	Contact avec les 2 surfaces	1

EIC: Espace intercostal

Les lésions initiales peuvent présenter un aspect échographique très variable d'un sujet à un autre, bien qu'en général elles apparaissent comme des zones circulaires au contenu hétérogène, ponctué d'une ou plusieurs zones hyperéchogènes et démunies de capsule (26). Avec le temps, l'abcès peut prendre une taille relativement importante et renferme souvent un contenu plus homogène hypo à anéchogène. A ce stade une capsule est présente (26, 41, 44). La plupart des abcès sont observés entre le 9^{ème} et le 11^{ème} espace intercostal. Le diamètre des lésions peut varier de 1 à plus de 10 cm (26) (photo 13).

Des inoculations expérimentales, via la veine porte, de *Fusobacterium necrophorum*, ont permis d'obtenir des observations similaires (41, 44). Aussi les premières images de modification du tissu hépatique chez certaines vaches apparaissent dès le 2^{ème} jour (41) ou le 3^{ème} jour (44) après l'inoculation. Chez d'autres vaches, les premières modifications sont détectées jusqu'à 5 à 10 jours après l'inoculation. L'évolution des abcès varie. Certains disparaissent de l'écran entre le 50^{ème} et le 70^{ème} jour; d'autres grossissent ou, encore, ne changent pas de taille.

Les images montrent d'abord des zones sphériques et hyperéchogènes. Certaines plages hyperéchogènes adjacentes fusionnent, par la suite, pour former un abcès plus important. Dès le 8^{ème} jour, l'abcès se compose d'une capsule hyperéchogène entourant une zone anéchogène. Cette zone anéchogène est ponctuée de *foci* hyperéchogènes, identifiés comme du pus et des débris. Toutefois, la capsule, comme les tissus fibreux, n'est pas toujours discernable du reste du parenchyme hépatique (41). Toutes les lésions sont visibles dès la taille de 1 cm.

Les abcès présents au niveau du foie sont souvent accompagnés d'autres lésions. En effet, les organes adjacents sont souvent lésés, témoignant d'une affection primaire. Il convient donc d'étendre l'examen échographique aux organes adjacents afin de déterminer l'étiologie primaire des abcès hépatiques. L'examen échographique des structures adjacentes révèle quelquefois une RPT et/ou de multiples abcédations du réticulum (26). Des cas d'abcès pulmonaires, d'effusions pleurales ou de l'ascite sont également décelés.

2.3.1.5. Surcharge lipidique

Chez les vaches laitières, le diagnostic de surcharge lipidique se fait le plus souvent à partir des commémoratifs, des signes cliniques et des analyses biochimiques. Chez l'homme, l'échographie a fait ses preuves en tant qu'outil de diagnostic de cette pathologie. En effet, l'examen échographique du foie révèle la présence de *foci* hyperéchogènes. Ces lésions hyperéchogènes, qui varient considérablement par leurs taille, forme et contours, sont généralement observées en région périportale près de la vésicule biliaire.

Mohamed *et al.* ont documenté un cas de surcharge lipidique, découvert de manière fortuite, chez une Prim'Holstein de 30 mois (55). Une échographie de l'abdomen a été réalisée. Le foie présentait une zone d'échogénicité plus importante sur sa surface médiale. La lésion était située entre la veine porte et la vésicule biliaire et présentait quatre caractéristiques échographiques qui étaient, pour les auteurs, pathognomoniques. En effet, cette lésion était non sphérique, non surélevée, aux contours bien délimités, et ne provoquait pas d'effet de masse ou de déplacement sur les vaisseaux adjacents.

A l'examen *post mortem* le foie était de taille légèrement augmentée. Une zone d'infiltration lipidique dans le lobe droit était visible, à la fois à la surface du foie, mais

également en profondeur lors de coupes transversales. Des vaisseaux portaux au sein de la lésion furent observés sans signe d'obstruction veineuse. La teneur en triglycérides des hépatocytes au niveau de la lésion était de 124 mg/g, alors qu'elle n'était que de 40,7 mg/g dans le parenchyme sain adjacent.

Les échos que renvoie un organe varient selon le nombre d'interfaces solide-liquide parcourues. Ainsi, la surcharge graisseuse des cytoplasmes des hépatocytes modifie l'aspect échographique du foie. La zone stéatosée correspond à la zone de plus forte échogénicité à l'écran.

Face à ce type d'image, un diagnostic différentiel inclut les tumeurs hépatiques, telles que les adénomes ou les carcinomes hépatocellulaires ou cholangiocellulaires. Cependant, la fréquence d'apparition des stéatoses, surtout chez les vaches laitières est largement plus importante que celle de tumeurs hépatiques. Dans le cas étudié, la présence d'un flux sanguin portal traversant la lésion suffisait, d'après l'auteur, à exclure une vraie tumeur hépatique. Les lésions focales des métastases hépatiques peuvent se confondre avec des lésions de surcharge lipidique, qui sont de la même échogénicité à l'écran. Cependant, les métastases hépatiques sont souvent de forme sphérique. De plus, l'absence de déplacement des structures vasculaires et des canaux biliaires adjacents permet d'écarter toute hypothèse de masse compressive.

2.3.1.6. Affection du système vasculaire hépatique

2.3.1.6.1. Shunt porto-cave

L'étude de Reimer *et al.* (67) concernait le cas d'un veau de 10 semaines souffrant de troubles neurologiques. On suspecta une encéphalose hépatique. L'examen échographique du tissu hépatique révéla la présence d'une communication vasculaire intra-hépatique de 2,1 cm entre la veine porte et la veine cave caudale. Les auteurs soulignent l'intérêt de l'échographie dans la mise en évidence de shunts porto-cave, ainsi que dans leur réduction chirurgicale. Toutefois, la radiographie par contraste, avec injection d'un produit de contraste (portographie de contraste) reste indispensable pour diagnostiquer avec certitude un shunt extra-hépatique porto-systémique (67).

2.3.1.6.2. Thrombose de la veine cave caudale

Chez la vache, la thrombose de la veine cave est un syndrome bien différencié, dont les aspects cliniques sont multiples. Ils varient d'une mort subite suite à la rupture d'un abcès hépatique à une thrombose des artères pulmonaires ou une pneumonie suppurée, une hémoptysie, une insuffisance cardiaque congestive droite, ou encore une endocardite (30, 57). L'échographie a fait ses preuves dans le diagnostic des thromboses de la veine cave chez l'homme et chez le chien (57). Nous nous limiterons ici aux affections de la veine cave caudale, qui sont quasiment toujours associées à une atteinte du foie.

Le plus souvent, la thrombose de la veine cave caudale résulte de la rupture d'un abcès hépatique. Les signes cliniques sont non spécifiques et rendent le diagnostic de certitude *in vivo* difficile (27, 30, 57). Des embolies pulmonaires sont très fréquemment émises. Elles provoquent notamment des signes respiratoires comme, par exemple, une pneumonie suppurative ou, encore, une bronchopneumonie chronique. Comme nous l'avons dit auparavant, la veine cave caudale est visible à l'échographie seulement depuis les 11^{ème} et 12^{ème} espaces intercostaux, côté droit (14). Or, le thrombus est souvent situé plus loin dans la veine du côté crânial, en dehors de la zone observable. Il

se loge fréquemment dans une zone qui est masquée, à l'écran, par du tissu pulmonaire (7).

Dans une étude, 2 vaches atteintes de thrombose de la veine cave caudale, présentaient une dilatation de celle-ci (26). Les veines hépatiques étaient également dilatées. Cette thrombose était survenue en raison d'abcès hépatiques. Dans un autre cas, l'examen échographique d'une vache atteinte de thrombose de la veine cave caudale révéla une modification, en coupe transversale, de l'aspect de cette veine, qui présentait alors une section ronde à ovale (27). Chacun de ces cas montre une modification de la forme de la veine cave caudale en coupe qui perd sa forme triangulaire et présente une forme ronde à ovale (27, 30).

Des études ont cherché à savoir si la modification de l'aspect en coupe transversale de la veine cave caudale était forcément liée à une thrombose de celle-ci (13). Chez les 12 vaches suspectes de l'étude, une dilatation de la veine cave caudale a pu être notée. De plus, il a été noté une dilatation, des veines hépatiques chez 5 sujets, de la veine splénique chez 3 sujets, et de la veine porte chez 1 des sujets. L'extension de l'examen échographique à la plèvre révéla la présence d'abcès pulmonaires, ainsi que de l'effusion pleurale. A l'autopsie, toutes les vaches présentaient une thrombose de la veine cave caudale. Les thrombi étaient localisés dans la partie thoracique de la veine cave caudale chez 4 vaches, dans la partie subphrénique, chez 1 vache, et dans la partie abdominale de la veine, près du foie, chez les 7 autres vaches. Les thrombi mesuraient de 6 à 15 cm en longueur et de 1,5 à 6 cm en diamètre.

Ainsi, il apparaît qu'en cas de thrombose de la veine cave caudale, celle-ci perd sa forme triangulaire en coupe transversale et adopte une forme ronde à ovale. L'échographie est un moyen diagnostique fiable pour mettre en évidence une dilatation de la veine cave caudale. Mais ne permet généralement pas de conclure quant à l'origine de sa dilatation. En effet, de telles images peuvent être observées lors d'insuffisance cardiaque droite, de péricardite, de thrombose ou lors de compression mécanique par une masse située dans la cavité thoracique ou dans l'abdomen crânial (13, 65). Donc comme les thrombi ne sont généralement pas visibles à l'échographie en raison de leur localisation, les autres causes de congestion de la veine cave caudale doivent d'abord être écartées avant de conclure.

2.3.1.7. Cholestase

Une cholestase est définie comme un arrêt du flux de la bile. Cliniquement, la cholestase provoque une augmentation de la concentration en bilirubine et en acides biliaires qui sont normalement excrétés dans la bile. La concentration en GGT est également augmentée. La cholestase peut être d'origine hépatocellulaire lorsque la fonction hépatique est sévèrement atteinte ou elle peut être de nature obstructive, auquel cas le flux de bile est mécaniquement arrêté (obstacle ou compression). Une des raisons les plus fréquentes d'obstruction biliaire chez les bovins, est la fasciolose (23).

La cholestase aboutit en général à l'apparition d'un ictère plus ou moins important. L'ictère est une coloration jaune des tissus. Elle apparaît par fixation de la bilirubine en excès dans les tissus. Jusqu'à très récemment, les seuls examens complémentaires facilement réalisables sur le terrain qui permettaient d'explorer le foie et sa fonction biliaire, étaient les dosages plasmatiques de certaines enzymes hépatiques. Mais la faible spécificité de la plupart de ces enzymes ne permettait pas toujours de poser un diagnostic. L'échographie est une méthode de choix pour explorer le foie et sa fonction biliaire. Elle va permettre de différencier une cholestase hépatocellulaire d'une cholestase obstructive et d'en rechercher la cause (18, 23). Elle peut permettre également de réaliser des prélèvements écho-guidés en vue d'examens histologiques (53).

Dans le cas de cholestase hépatocellulaire, les principales anomalies à rechercher sont des modifications de l'échogénicité de l'organe. Si les modifications sont focales ou, en d'autres termes, localisées à une petite partie du parenchyme, elles sont généralement faciles à observer. En revanche, une modification diffuse de l'échogénicité est plus difficile à repérer. Par rapport au rein, le foie normal est hyperéchogène ou isoéchogène, alors qu'il est hypoéchogène par rapport à la rate. Cependant, un paramètre technique, tel que le choix de la sonde, peut modifier cette échelle et il est important de se rappeler qu'une anomalie échographique n'est jamais pathognomonique. A l'identique, l'apparence normale du foie à l'échographie ne permet pas d'exclure une lésion hépatique (7). Dans tous les cas, il est nécessaire d'établir le diagnostic définitif par l'analyse histologique de prélèvements.

Dans le cas de cholestase obstructive, deux anomalies sont à rechercher :

- une dilatation de la vésicule biliaire et des voies biliaires ;
- un obstacle qui permet d'expliquer la dilatation des voies biliaires.

Il est à noter que la dilatation de la vésicule biliaire seule n'est pas évocatrice de cholestase. Enfin, l'origine de l'obstruction est rarement mise en évidence chez les bovins, alors qu'elle peut l'être chez le chien ou chez le chat (51).

Les cas de cholestase s'accompagnent souvent d'un épaissement de la paroi de la vésicule biliaire, qui facilite sa visualisation à l'écran. En effet, la paroi de la vésicule biliaire est peu visible en temps normal. Néanmoins, cet épaissement est un signe peu spécifique (tableau 11). Toutefois, un épaissement de sa paroi avec un contenu anormal, tel que la présence de sédiments en grand nombre ou de concrétions, est pathologique (23).

Tableau 11 : Causes d'épaississement de la paroi de la vésicule biliaire (d'après (18, 23)).

Epaississement diffus	Epaississement localisé
Cholécystite	Polypes
Cholangiohépatite	Tumeurs
Insuffisance cardiaque droite	
Hypoprotidémie	
Pancréatite	

Lors d'une étude, les observations échographiques sur 4 vaches souffrant de cholestase par obstruction mécanique ont été décrites (23). Les animaux ont été visualisés debout, par le flanc droit, après tonte et application de gel échographique. L'observation, menée depuis le 6^{ème} espace intercostal jusqu'à une main en arrière de la dernière côte, s'est fait avec une sonde linéaire de 3,5 MHz. Parmi les quatre sujets, une vache avait uniquement une dilatation des canaux biliaires extra-hépatiques, une autre uniquement une dilatation des canaux intra-hépatiques et deux d'entre elles avaient une distension des canaux biliaires à la fois intra- et extra-hépatiques. Les autres observations sont regroupées dans le tableau 12.

Tableau 12 : Observations échographiques chez 4 vaches souffrant de cholestase (d'après (23)).

N°Vache	Observations échographiques
1	Congestion des canaux biliaires intra-hépatiques dans la région du hile hépatique ; Dilatation sévère de la vésicule biliaire, contenu homogène et hypoéchogène ; Image de calcification multifocale des canaux ; Présence de gaz dans la bile.
2	Dilatation du canal cholédoque, du conduit cystique et du conduit hépatique commun ;

	Pas de dilatation de la vésicule biliaire mais épaissement de sa paroi, contenu sédimentaire échogène ; Image de calcification des canaux biliaires.
3	Dilatation du canal cholédoque et du conduit cystique ; Dilatation sévère de la vésicule biliaire, épaissement de sa paroi, contenu échogène.
4	Dilatation des canaux biliaires intra-hépatiques ; Dilatation du conduit hépatique commun et du conduit cystique ; Dilatation sévère de la vésicule biliaire avec épaissement de sa paroi.

L'autopsie de ces vaches révéla la présence d'une cholangite suppurative chez la vache N°.1 et la présence de concrétions situées dans la région du hile ou de la papille duodénale chez les vaches N° 1, 2 et 3. Chez la vache N°.4, le canal cholédoque était comprimé par des adhésions fibreuses entre le foie, la vésicule biliaire et la paroi abdominale.

D'autres phénomènes peuvent conduire à une obstruction partielle ou complète du canal cholédoque. En effet, le cas d'une vache souffrant de cholestase secondaire a été rapporté (70), due à l'obstruction du canal cholédoque par du pancréas ectopique.

Tous les auteurs (23, 70) s'accordent à dire que l'échographie est un examen indispensable dans la recherche de la cause de la cholestase. Cet examen complète les commémoratifs, ainsi que les données hématologiques et biochimiques.

2.3.1.8. Rupture de la vésicule biliaire

Une obstruction biliaire au niveau de la fissure portale conduit à la dilatation des canaux biliaires intra-hépatiques, tandis que l'obstruction dans la région de la papille duodénale entraîne la dilatation des canaux biliaires extra-hépatiques et de la vésicule biliaire. Si cet état ne se résout pas spontanément ou reste sans traitement adéquat, la vésicule biliaire peut se rompre (28).

Trois cas de rupture de la vésicule biliaire chez le bovin ont été décrits (28). Les signes cliniques étaient peu spécifiques et variaient considérablement. Seule une vache avait des signes caractéristiques de cholestase, avec de l'ictère, une bilirubinurie et une augmentation spectaculaire de l'activité de ses enzymes hépatiques (GGT, sorbitol déshydrogénase (SDH) et glutamate déshydrogénase (GLDH)). L'échographie, associée à l'abdominocentèse et aux résultats hématologiques, permet d'orienter le diagnostic vers une rupture de la vésicule biliaire. En effet, à l'échographie, les auteurs observèrent un liquide d'épanchement hypoéchogène dans toute la partie ventrale de l'abdomen, témoin chez deux vaches d'une péritonite généralisée et, chez une vache d'un hémopéritoine. A l'échographie, l'hémopéritoine peut avoir un aspect variant d'hypoéchogène à échogène en fonction du stade d'avancement de la coagulation. Des dépôts fibrineux furent observés sur les organes abdominaux, ainsi que des flammèches de fibrine entre les organes et le péritoine.

L'examen échographique du foie d'une des vache atteinte de péritonite a mis en évidence un foie hétérogène, ainsi qu'une dilatation et une hyperéchogénicité des canaux biliaires intra- et extra-hépatiques, diversement calcifiés en fonction des endroits. La vésicule biliaire, observée depuis le 10^{ème} espace intercostal du côté droit, avait une paroi très épaissie et des contours irréguliers, témoins de sa rupture.

A l'autopsie, toutes les vaches présentaient une péritonite généralisée due à la rupture de la vésicule biliaire. L'obstruction des canaux biliaires fut expliquée par la présence en quantité massive de *Fasciola hepatica*.

L'échographie de la vésicule biliaire a donc permis de mettre en évidence des signes conduisant à l'hypothèse d'une rupture de la vésicule biliaire. L'abdominocentèse peut être l'outil diagnostique pour la confirmer. Un diagnostic précoce permettrait, éventuellement, une correction chirurgicale.

2.3.2. Le pancréas

Les affections du pancréas chez la vache sont rares et leur diagnostic est difficile du vivant de l'animal, à cause des résultats équivoques de laboratoire et de l'absence de signes pathognomoniques. Le diagnostic d'une affection pancréatique se pose le plus souvent post-mortem, pour ces raisons.

L'échographie du pancréas chez l'homme et chez le chien s'est avéré efficace dans le diagnostic des pancréatites aiguës ou chroniques et des tumeurs du pancréas. Pusterla et son équipe (64) ont cherché à décrire les caractéristiques échographiques du pancréas bovin, dans le but de fournir des données utiles au diagnostic éventuel d'une atteinte de cet organe.

2.3.2.1. Obtention de l'image échographique

Le pancréas d'un bovin est composé de trois parties : un corps relativement petit, un large lobe gauche, et un long lobe droit qui s'étend du côté caudal. La veine porte passe par le bord dorsal du corps du pancréas. Le conduit pancréatique accessoire, qui est le conduit excréteur le plus important chez la vache, se jette seul dans le duodénum.

Le pancréas de 20 vaches adultes et saines a été étudié échographiquement (64). Le côté droit de chaque vache fut tondu du 10^{ème} espace intercostal jusqu'à environ 12 cm en arrière de l'arc costal. Après l'application de gel échographique, les vaches furent examinées debout, du dos vers le ventre en tenant la sonde parallèle aux côtes.

Le lobe droit et le corps du pancréas pouvaient être visualisés chez toutes les vaches depuis les 11^{ème} et 12^{ème} espaces intercostaux. A ce niveau, le lobe droit était entouré par du foie, des intestins et par la veine porte. En arrière de l'arc costal, le lobe droit est difficilement visualisable, probablement en raison de la faible échogénicité des tissus adjacents, tel que le gras abdominal (64). Le corps du pancréas s'observait depuis le 10^{ème} espace intercostal chez 8 vaches. Il était entouré à ce niveau par du foie et des intestins. Le lobe gauche du pancréas, qui est situé plus loin du côté dorsal et qui tend vers la gauche, n'était pas visible.

Le conduit pancréatique accessoire était identifiable depuis le flanc droit, chez 4 vaches, et depuis le 12^{ème} espace intercostal chez 8 vaches. On pouvait suivre son trajet le long du lobe droit jusqu'au duodénum.

La veine pancréatico-duodénale s'observait depuis le 12^{ème} espace intercostal chez 3 vaches et depuis le 11^{ème} espace intercostal chez 2 vaches.

Enfin, une évaluation de la position du pancréas fut possible. Par rapport au niveau des 12^{ème}, 11^{ème} ou 10^{ème} espaces intercostaux, le pancréas était situé plus loin du côté dorsal dans la région du flanc.

L'ensemble des valeurs obtenues lors de l'étude (64) est regroupé dans le tableau 13.

Tableau 13 : Echographie du pancréas depuis la paroi abdominale droite chez 20 vaches (d'après (64)).

Structure observée	Nombre de vaches			
	Flanc droit	12 ^{ème} EIC	11 ^{ème} EIC	10 ^{ème} EIC
Lobe pancréatique droit	6	20	20	0
Corps du pancréas	0	20	20	8
Lobe gauche du pancréas	0	0	0	0
Conduit pancréatique accessoire	4	5	0	0
Veine pancréatico-duodénale	0	3	2	0

EIC : Espace intercostal

2.3.2.2. Aspect normal à l'échographie

A l'échographie, les portions visibles du pancréas (corps et lobe droit) forment une structure triangulaire, proche du foie, de la veine porte, du rein droit et du duodénum (58, 64).

A l'écran, le pancréas forme une structure homogène et échogène et peut être différencié des organes adjacents. L'échogénicité de son parenchyme est égale à, ou légèrement plus importante que, celle du foie (58, 64). La taille du pancréas est semblable depuis les 11^{ème} et 12^{ème} espaces intercostaux (64). En revanche, depuis le 10^{ème} espace intercostal ainsi que depuis le flanc, le pancréas apparaît plus petit. Les dimensions sont présentées dans le tableau 14.

Tableau 14 : Moyenne des dimensions dorso-ventrales du pancréas (en cm), déterminée par échographie (d'après (64)).

	Moyenne depuis le flanc droit	Moyenne depuis le 12 ^{ème} EIC	Moyenne depuis le 11 ^{ème} EIC	Moyenne depuis le 10 ^{ème} EIC
Distance de la ligne du dos au bord dorsal du pancréas (1)	26,5	27,8	33,0	41,3
Distance de la ligne du dos au bord ventral du pancréas (2)	33,3	37,0	41,4	47,0
Dimension du pancréas (2-1)	6,8	9,2	8,9	5,8

EIC : Espace intercostal

A l'échographie, le conduit pancréatique accessoire présente deux lignes échogènes parallèles, délimitant une zone hypoéchogène. Son diamètre varie de 6 à 8 mm avec une moyenne de 7,4 mm ($\pm 0,75$).

L'image de la veine pancréatico-duodénale montre une structure en bande qui évolue depuis le duodénum, le long du lobe droit, jusqu'à la veine porte. Son diamètre varie de 3 à 4 mm avec une moyenne de 3,8 mm ($\pm 0,70$) (64).

2.3.2.3. La pancréatite

La prévalence des affections pancréatiques chez les bovins n'est pas connue (56, 58). Il est admis que cette affection est plus rare chez les bovins que chez l'homme, le chien et même le chat. Il est possible que le nombre de cas bovins de pancréatite soit sous-estimé en raison de la difficulté à établir ce diagnostic. Cliniquement, les bovins atteints n'expriment aucun signe pathognomonique. Une pancréatite fut provoquée expérimentalement chez 6 vaches, en injectant du chloroforme par voie intra-pancréatique, mais aucun changement au niveau de l'examen clinique ne fut observé, mises à part une légère baisse de l'appétit et une légère hyperthermie transitoire chez 2 sujets (58). Les analyses hémato-biochimiques ne permettent pas non plus de faire le diagnostic de pancréatite. Lors de cette affection, les concentrations plasmatiques en amylase et en lipase augmentent de manière importante très rapidement, mais ces concentrations retournent à des valeurs normales dès le 3^{ème} jour de la pancréatite. La présence de concentrations plasmatiques normales en amylase et en lipase peut donc être compatible avec une pancréatite (58).

Il existe très peu de données bibliographiques disponibles sur l'aspect échographique du pancréas lors de pancréatite. Mohamed (58) est, à sa connaissance, le premier auteur à en décrire l'aspect. Vingt-quatre heures après l'injection expérimentale de 8 ml de chloroforme dans le pancréas de 6 vaches, des modifications du pancréas étaient visibles à l'échographie. L'auteur observa un accroissement homogène de l'échogénicité avec une accumulation liquidienne subcapsulaire et intralobulaire (58). Au 3^{ème} jour, des foci hypoéchogènes et mal délimités apparurent au sein du parenchyme. Ces zones hypoéchogènes devenaient progressivement anéchogènes et beaucoup plus étendues. Elles étaient bien délimitées au sein du parenchyme et concernaient à la fois le lobe droit et le corps du pancréas.

Jusqu'à présent, il n'existe pas de données bibliographiques sur des cas de pancréatite spontanée.

L'échographie permet de déceler des anomalies de taille et de structure du foie, de la vésicule biliaire, ainsi que du pancréas. Elle permet également d'explorer les organes adjacents à ces derniers. C'est une technique d'imagerie qui s'avère très intéressante dans le diagnostic de certaines affections et notamment les affections hépatiques pour lesquelles les moyens d'exploration restent limités. Il est également possible, par cette méthode, de prélever des tissus pour biopsie en vue d'examens histopathologiques. Cependant cette technique, comme toute technique, présente des limites d'utilisation. Dans la dernière partie de notre exposé, nous reviendrons sur les intérêts de l'échographie dans le diagnostic de pathologies digestives chez la vache et nous en présenterons les limites.

Photographies

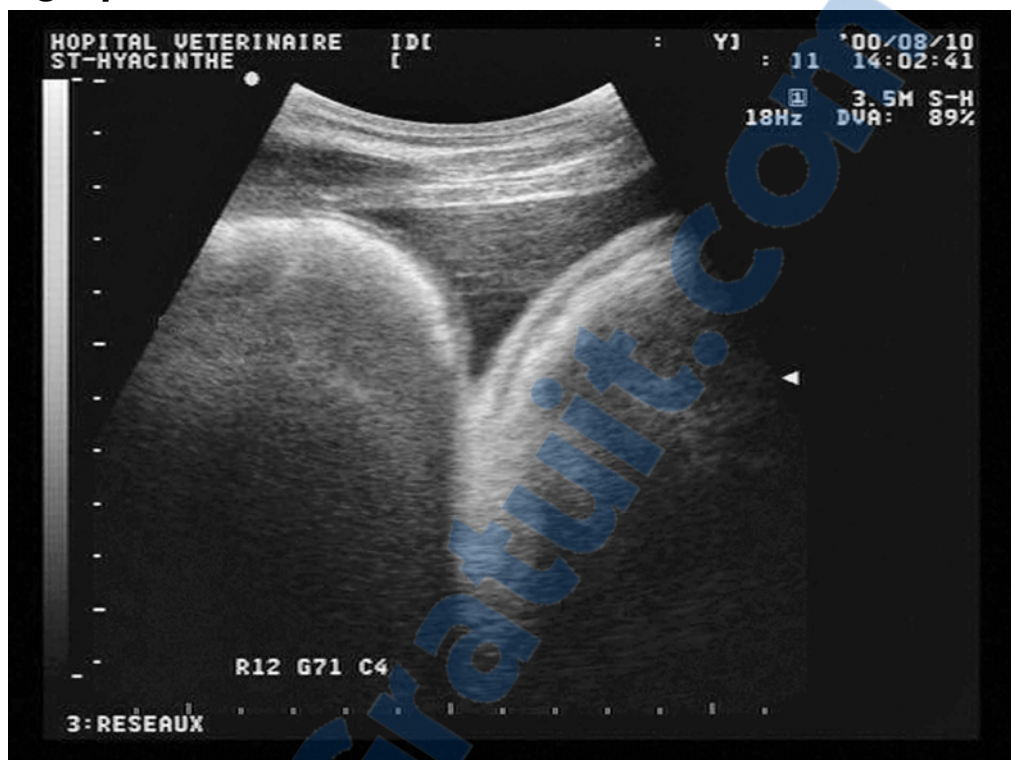


Photo 1 : Aspect normal du réseau. (Source : M. Babkine, FMV St. Hyacinthe)

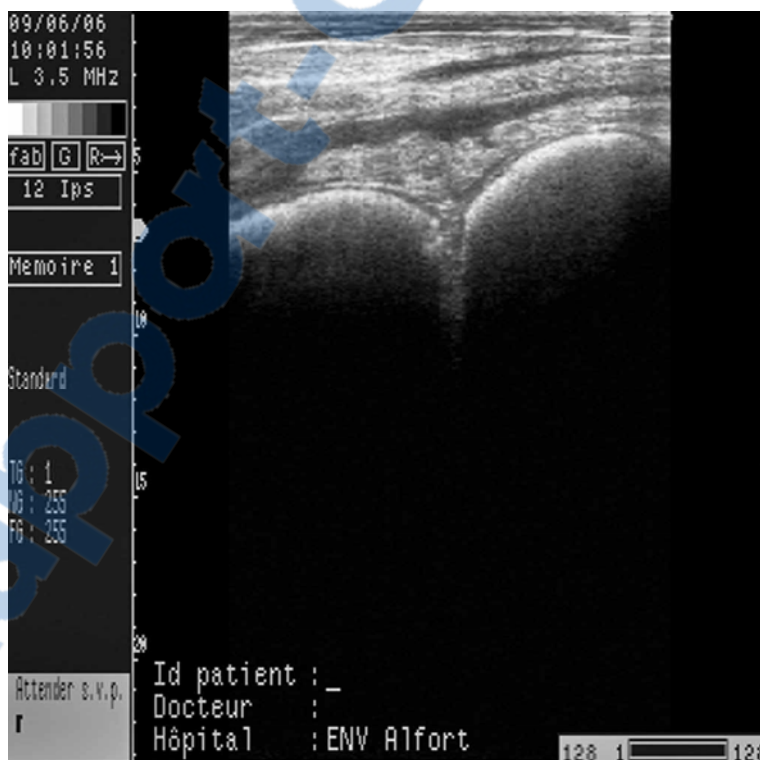


Photo 2 : Signes de péritonite entourant le réseau. (Source B. Ravary, ENVA)

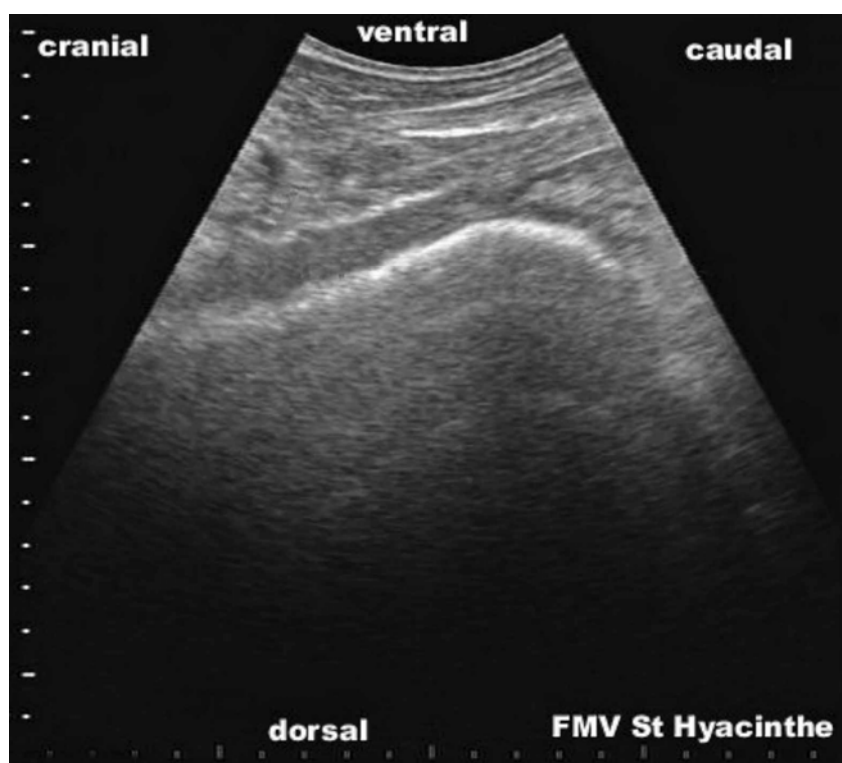


Photo 3 : Image d'adhérences au niveau du réseau. (Source : M. Babkine, FMV St. Hyacinthe)

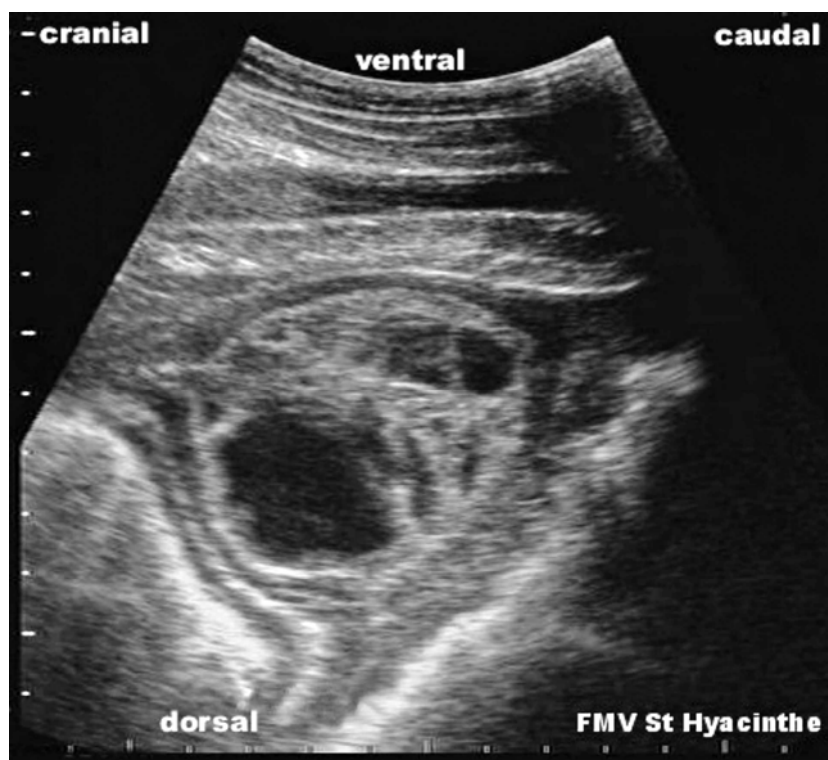


Photo 4 : Abscès en zone périréticulaire. (Source : M. Babkine, FMV St. Hyacinthe)



Photo 5 : Aspect normal de la caillette et de ses plis. (Source : M. Babkine, FMV St. Hyacinthe)

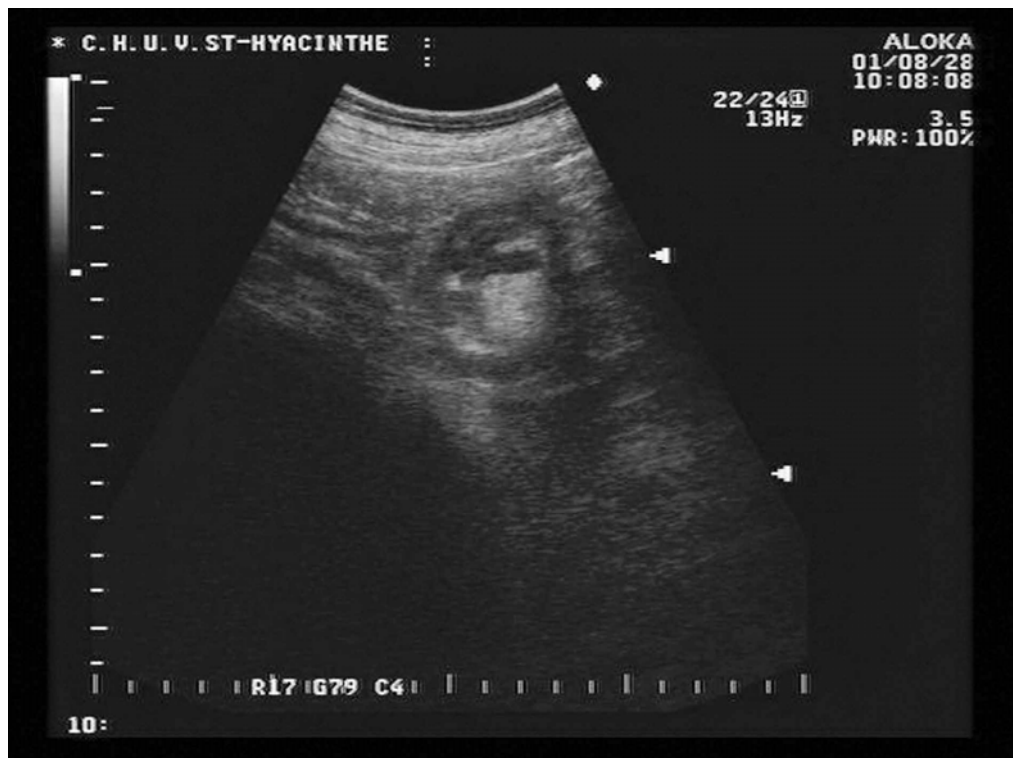


Photo 6 : Aspect du pylore en coupe transversale. (Source : M. Babkine, FMV St. Hyacinthe)

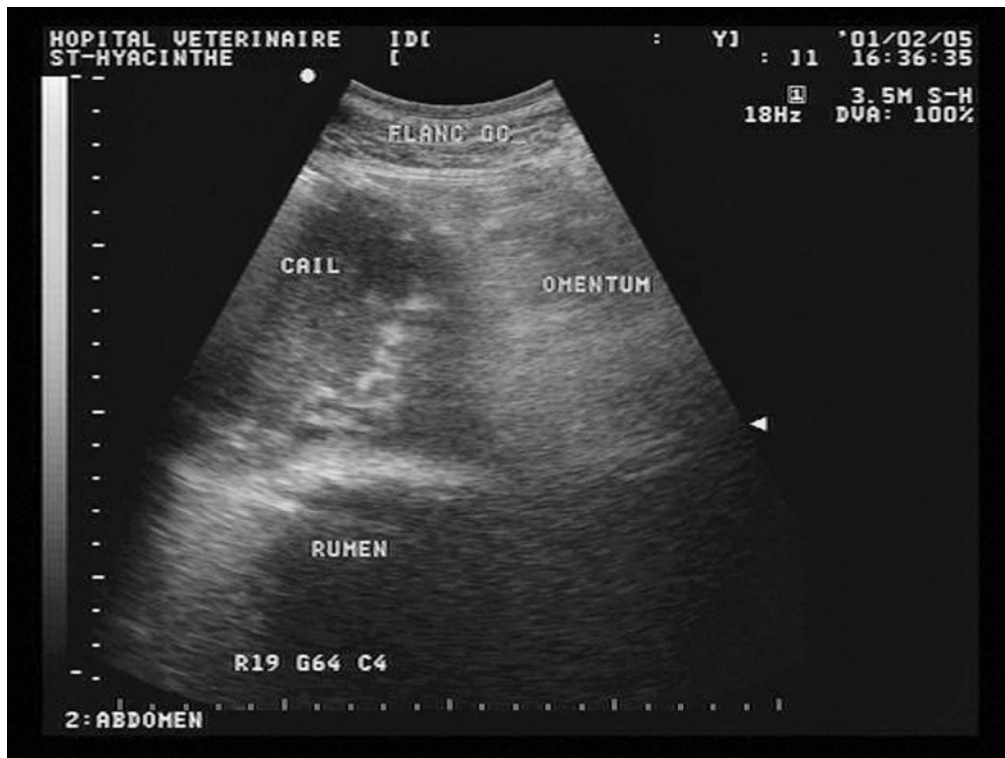


Photo 7 : Déplacement de la caillette à gauche. (Source : M. Babkine, FMV St. Hyacinthe)

La caillette est visible entre le rumen et le flanc gauche

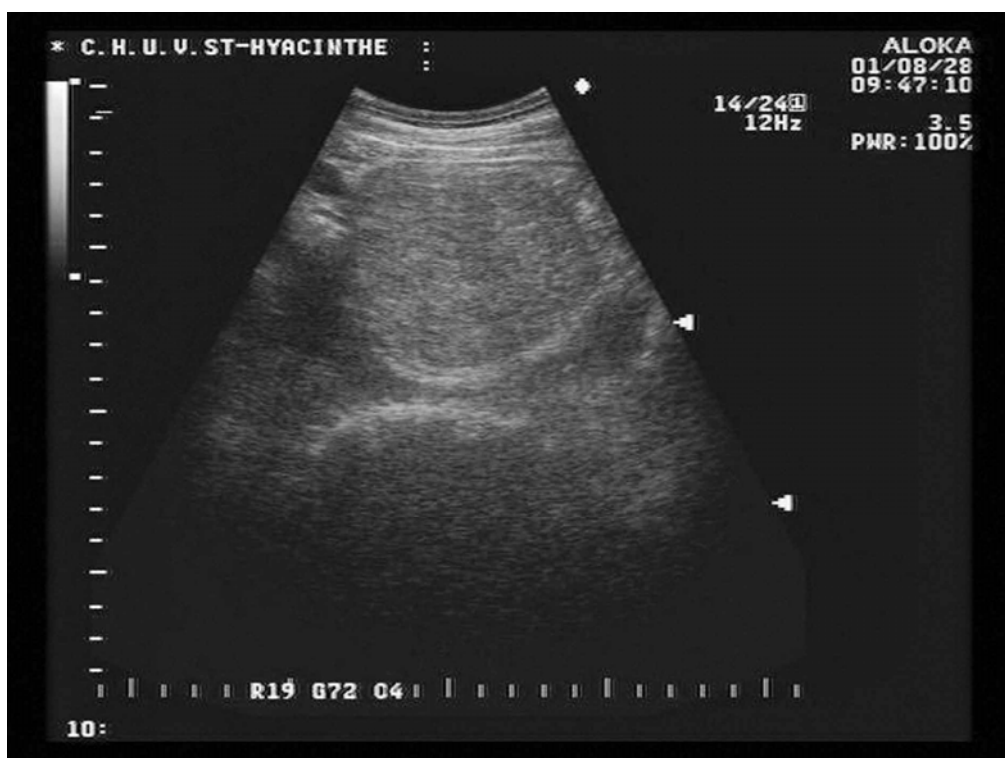


Photo 8 : Aspect normal d'une anse de duodénum en coupe transversale. (Source : M. Babkine, FMV St. Hyacinthe)



Photo 9 : Image de la dilatation caecale. (Source B. Ravary, ENVA)



Photo 10 : Aspect normal du parenchyme hépatique. (Source B. Ravary, ENVA)

La veine porte est observée en coupe transversale



Photo 11 : Aspect normal du foie et de la vésicule biliaire. (Source : M. Babkine, FMV St. Hyacinthe)



Photo 12 : Abscès hépatique pédonculé, chez un veau souffrant d'une infection des vestiges ombilicaux. (Source B. Ravary, ENVA)



Photo 13 : Abcès hépatique. (Source : M. Babkine, FMV St. Hyacinthe)



Photo 14 : Image de péritonite. (Source : M. Babkine, FMV St. Hyacinthe)