

# TABLE DES MATIERES

<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS</b> .....	3
<b>INTRODUCTION</b> .....	5
<b>PREMIERE PARTIE</b> .....	6
I. Importance de la palpation de l'appareil génital en médecine bovine.....	6
1. Le col.....	6
a. Palpation.....	6
b. Cathétérisme.....	7
2. L'utérus.....	9
a. Palpation.....	9
b. Le diagnostic de gestation.....	10
c. Le contrôle d'involution utérine - le diagnostic d'affections utérines.....	12
3. Les ovaires.....	15
a. Palpation.....	15
b. Les follicules.....	15
c. Le corps jaune.....	16
d. Les kystes.....	17
e. Les abcès et tumeurs.....	17
II. Problèmes posés par l'enseignement de la palpation transrectale en école vétérinaire.....	18
1. Les difficultés pratiques.....	18
a. Les modalités d'enseignement.....	18
b. Evaluation de l'enseignement.....	21
2. Bien-être animal.....	24
a. Stress.....	24
b. Lacérations rectales.....	28
c. Mortalité embryonnaire/fœtale.....	29
III. Alternatives à l'enseignement existant.....	30
1. La cœlioscopie.....	30
a. Principe.....	30
b. Avantages.....	30
c. Inconvénients.....	31

2.	La technologie « Phantom » .....	32
a.	Principe .....	32
b.	Avantages.....	33
c.	Inconvénients .....	34
3.	Développement d'appareils génitaux artificiels.....	35
a.	Etat des lieux.....	35
b.	Avantages.....	36
c.	Inconvénients .....	36
<b>DEUXIEME PARTIE</b>	.....	<b>38</b>
I.	Plastination.....	39
1.	Choix de la technique.....	39
2.	Matériels et méthodes .....	40
a.	Récolte des ovaires en abattoir.....	40
b.	Fixation .....	40
c.	La déshydratation.....	40
d.	Imprégnation forcée .....	41
e.	Durcissement.....	43
3.	Résultats .....	44
4.	Discussion .....	49
II.	Moulages.....	54
1.	Choix de la technique.....	54
2.	Matériels et méthodes .....	55
3.	Résultats .....	59
4.	Discussion .....	61
<b>CONCLUSION</b>	.....	<b>65</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	.....	<b>66</b>
<b>ANNEXES</b>	.....	<b>70</b>

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

## Figures

Figure 1 : Méthode d'insémination recto-vaginale chez la vache .....	8
Figure 2 : Techniques correcte et incorrecte de préhension du col utérin pour l'insémination par la méthode recto-vaginale.....	8
Figure 3 : Diagnostic de gestation par palpation transrectale chez la vache.....	11
Figure 4 : Palpation transrectale d'une vache au cinquième mois de gestation.....	12
Figure 5 : Taux de gestation moyen obtenu par des inséminateurs dans l'année suivant leur formation, en fonction du nombre de jours d'entraînement sur vaches vivantes en abattoir.....	22
Figure 6 : Taux de gestation moyen obtenu par des inséminateurs dans leurs 3 premières années de pratique, selon qu'ils ont reçu ou non un entraînement de 3 jours, sur vaches vivantes, en abattoir .....	23
Figure 7 : Concentrations plasmatiques de cortisol après une palpation transrectale de l'appareil génital .....	25
Figure 8 : Niveaux de cortisol plasmatique en réponse à une vaginoscopie et à une insémination artificielle chez 6 vaches en œstrus et en phase lutéale.....	25
Figure 9 : Niveaux de cortisol plasmatique en réponse à une vaginoscopie, à une palpation transrectale et à une insémination artificielle chez 6 vaches en œstrus .....	26
Figure 10 : Phase de déshydratation .....	41
Figure 11 : Phase d'imprégnation forcée .....	42

## Photos

Photo 1 : Pyomètre.....	13
Photo 2 : Fœtus momifié.....	14
Photo 3 : Agénésie utérine.....	14
Photo 4 : Ovaire abcédé.....	17
Photos 5 et 6 : La technologie Phantom.....	32
Photo 7 : Préparation des ovaires avant durcissement.....	43
Photo 8 : Pompe à membrane et réserve de durcisseur dans la chambre hermétique de durcissement.....	44
Photo 9 : Ovaire dont la taille a diminué de 33 % après plastination.....	45
Photo 10 : Aspect d'un follicule avant et après plastination.....	46
Photo 11 : Aspect des follicules antraux visibles à la surface de l'ovaire avant et après plastination.....	46
Photo 12 : Follicule ayant pu être reformé manuellement après coupe transversale de l'ovaire.....	46
Photo 13 : Ovaire dont la taille du corps jaune a diminué de 51 % après plastination.....	47
Photo 14 : Exemple de l'aspect d'un corps jaune avant et après plastination.....	47
Photo 15 : Comparaison de la coloration d'un ovaire après fixation et après plastination.....	48
Photo 16 : Comparaison entre un ovaire plastiné conservé comme outil pédagogique et un ovaire plastiné trop éloigné de l'original.....	48
Photo 17 : Aspect d'un ovaire après 30 à 35 jours de fixation.....	50
Photo 18 : Pavés de silicone dilué de 0 à 70 % v/v.....	56
Photo 19 : Moulage d'un ovaire dans l'alginate.....	57
Photo 20 : Moulage des organites disséqués sur un ovaire dans l'alginate.....	58
Photo 21 : Comparaison entre des organites disséqués et leur reproduction en silicone.....	59
Photo 22 : Comparaison entre un ovaire et sa reproduction en silicone.....	59

## Tableaux

Tableau 1 : Calendrier de déshydratation.....	41
Tableau 2 : Calendrier d'imprégnation forcée.....	42
Tableau 3 : Composition des pavés de silicone utilisés comme repères de consistance.....	56

# INTRODUCTION

La palpation de l'appareil génital de la vache par voie transrectale est un geste technique essentiel dans la pratique vétérinaire bovine courante mais pourtant, très difficile à apprendre car très difficile à enseigner. En effet, lors de démonstrations au cours des travaux pratiques, les étudiants ne peuvent pas visualiser les gestes des enseignants et l'acquisition d'un savoir-faire se fait souvent avec le temps et l'expérience. De plus, l'entraînement in vivo par des manipulateurs novices a des conséquences non négligeables sur le bien-être animal qui, même chez les animaux d'élevage, est en passe de devenir une demande sociale majeure. D'où l'idée de créer un modèle artificiel d'appareil génital de vache permettant d'acquérir une partie de la maîtrise de la palpation transrectale ex vivo.

Dans une première partie, nous reviendrons sur l'importance de l'examen par palpation de l'appareil génital femelle en médecine bovine et sur les problèmes posés par son enseignement dans les écoles vétérinaires avant de nous interroger sur les alternatives possibles à l'enseignement existant. Puis, dans une seconde partie, nous détaillerons les travaux réalisés pour obtenir la banque d'ovaires et la filière pelvienne artificielles.

# PREMIERE PARTIE

## I. Importance de la palpation de l'appareil génital en médecine bovine

La palpation transrectale est une méthode pratique, économique, facile à mettre en œuvre lors de l'examen clinique et qui peut apporter de nombreuses informations au vétérinaire. Cependant, elle requiert de la part de l'opérateur une connaissance exacte de l'anatomie normale des organes génitaux, de leur situation, de leurs rapports. Elle suppose la connaissance des modifications survenant physiologiquement au cours du cycle œstral, de la gestation et lors de situations pathologiques. L'examen transrectal permet d'explorer le col utérin, l'utérus, les oviductes, les ovaires et les ganglions associés.

### 1. Le col

#### a. Palpation (LAING *et al.* [22], NOAKES [28])

Le col utérin est un point de repère important dont il faut noter la position par rapport au détroit antérieur du bassin, la taille, la forme et la mobilité.

Chez les génisses, le col se situe toujours dans la filière pelvienne ; chez les multipares non gestantes, il reste sur le plancher du bassin ou juste crânialement. Chez les animaux gestants, il peut avancer dans l'abdomen. Une palpation attentive du plancher du bassin le révèle comme une structure dure (sa consistance variant peu au cours du cycle œstral), cylindrique, tubulaire et composée d'anneaux facilement palpables.

Chez les génisses non gestantes, son diamètre est d'environ 2-3 cm pour une longueur de 5-6 cm. Pendant la gestation, il s'élargit et, même si sa taille réduit après le part, il

ne cesse d'augmenter avec les gestations successives (jusqu'à 6 cm de diamètre et 12 cm de longueur chez un animal normal).

Chez une vache non gravide, le col est facilement mobilisable latéralement et crânio-caudalement. Au fur et à mesure de la gestation, le poids de l'utérus empêche sa mobilité. Il en est de même lors de pyomètre, d'adhérences ou de tumeurs. Des abcès ou des lésions causées par le vèlage ou le cathétérisme du col peuvent modifier son anatomie et, localement, sa consistance (déformations, nodules durs ou plus rarement dépressibles).

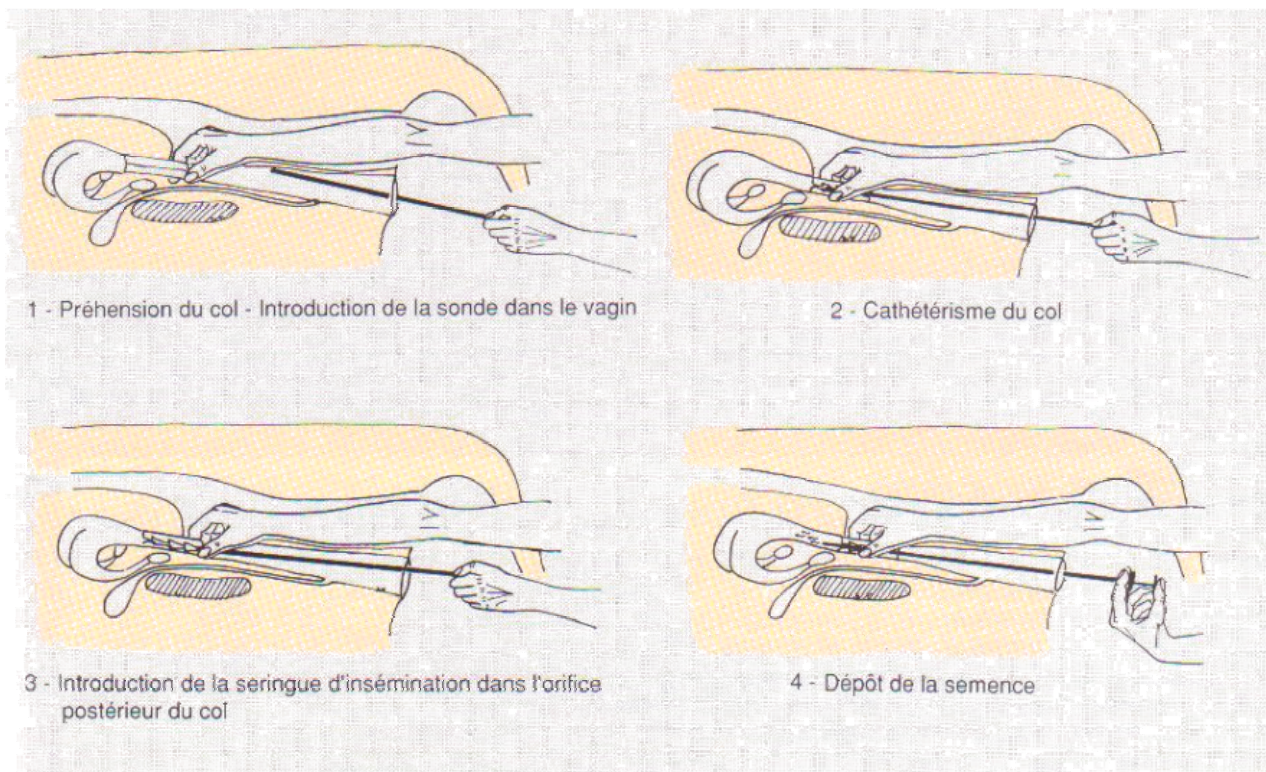
## b. Cathétérisme

Une bonne maîtrise de la palpation cervicale permet au vétérinaire de cathétériser le col pour réaliser l'insémination artificielle ou pour traiter une métrite chronique. Cet acte s'utilise également dans les biotechnologies de la reproduction, pour la collecte et le transfert d'embryons par exemple.

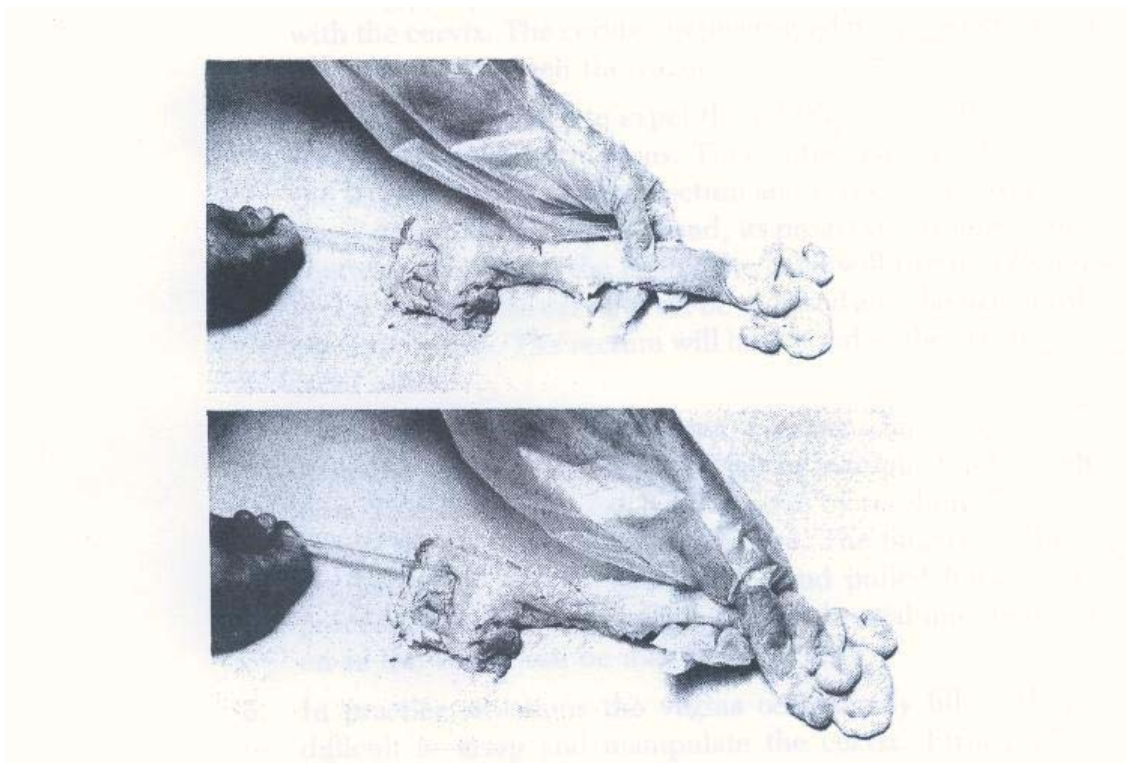
Pour cela, l'opérateur fixe de la main, à travers la paroi rectale, la partie postérieure du cervix (figures 1 et 2) de manière à faciliter l'introduction du cathéter dans le canal cervical (BEARDEN et FUQUAY [8]). Le col peut également être fixé entre l'index et le majeur tandis que le pouce est appliqué dans l'ouverture vaginale du col. Ainsi, dès que le cathéter entre en contact avec le pouce, celui-ci est retiré pour lui laisser place.

La main restée libre peut alors, par voie vaginale, présenter le cathéter à l'entrée du col et maintenir une légère pression. L'obstacle constitué par les divers replis cervicaux est surmonté en imprimant au col des mouvements de verticalité et de latéralité par voie rectale. La traversée du col est aisée chez les femelles en œstrus mais peut être plus délicate chez certaines génisses en dehors des chaleurs ou chez certaines vieilles vaches, dont l'utérus, lourd, tire le col vers l'avant (DERIVAUX [12]).

*Figure 1 : Méthode d'insémination recto-vaginale chez la vache (d'après TAINTURIER [35])*



*Figure 2 : Techniques correcte (en haut) et incorrecte (en bas) de préhension du col utérin pour l'insémination par la méthode recto-vaginale (d'après BEARDEN et FUQUAY [8])*





L'insémination artificielle se pratiquant préférentiellement dans le corps de l'utérus, le cathéter doit dans ce cas être stoppé dès sa sortie du col pour déposer la semence (NOAKES *et al.* [29]). L'opérateur contrôle pour cela la position de l'extrémité de la sonde avec son index (TAINTURIER [35]). Pour le traitement des métrites, les avis divergent et la pommade antibiotique peut être déposée pour moitié dans chaque corne. Lors de collecte et de transfert d'embryons, la sonde doit être poussée jusqu'au tiers crânial de la corne.

## 2. L'utérus

### a. Palpation (LAING *et al.* [22], NOAKES [28])

La position, la taille, la consistance et la mobilité de l'utérus doivent être notées.

Le corps de l'utérus étant très court chez la vache (4-5 cm environ), la bifurcation des cornes est identifiée juste crânialement au col. Les cornes utérines plongent d'abord vers l'avant et vers le bas. Puis, après avoir formé la grande courbure, elles remontent caudalement jusqu'à 5-6 cm du col. La taille des cornes varie et dépend de la parité de l'animal, de s'il est gestant, non gestant ou en post-partum.

Chez la vache non gestante, les cornes mesurent environ 35 à 40 cm de long pour 4-5 cm de diamètre. La base et la courbure des cornes sont facilement palpables, contrairement à leur extrémité. Elles sont normalement de taille égale, s'élargissant avec les gestations successives.

La consistance de l'utérus varie en fonction du cycle. Pendant la phase lutéale, les cornes sont relativement flasques. A mesure que le corps jaune régresse et que la croissance folliculaire progresse, la tonicité de l'utérus augmente et les cornes deviennent turgescentes au moment de l'ovulation et jusqu'à 1 ou 2 jours après.

Les oviductes, circonvolutions de 20-25 cm de longueur sont difficiles à identifier de façon générale. Dans le cas contraire, cela suggère une inflammation, une hypertrophie.

## b. Le diagnostic de gestation

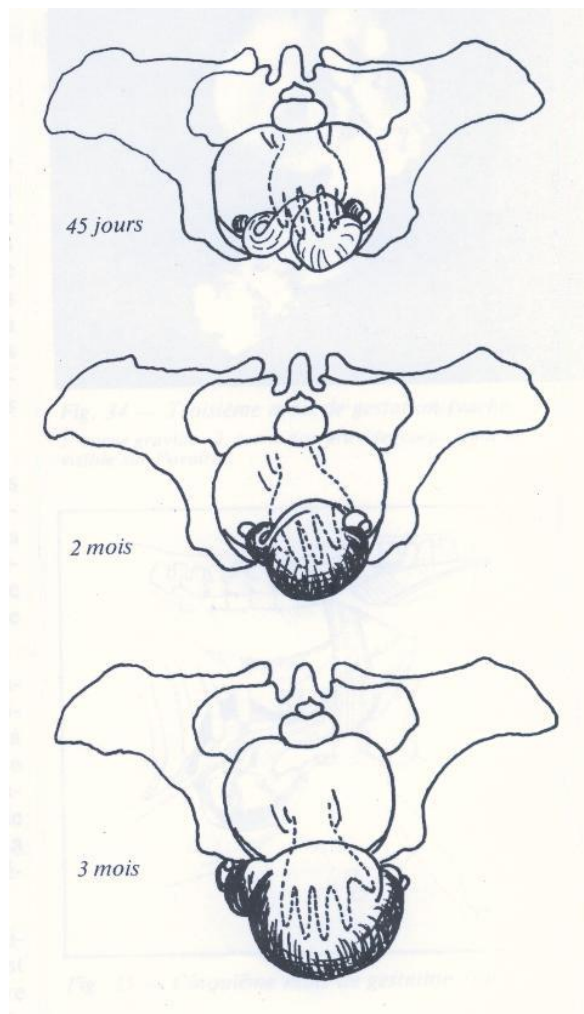
Le diagnostic de gestation est devenu un acte de routine. Il peut être, à lui seul, un motif d'appel de l'éleveur ou être inclus dans les visites périodiques des élevages bovins. Par la méthode de l'exploration rectale, il est basé sur les modifications de forme, de dimensions, de situation de l'utérus et sur la perception des membranes fœtales, des liquides fœtaux, des cotylédons (DERIVAUX et ECTORS [13]).

A la fin du 1<sup>er</sup> mois de gestation, le sac amniotique, sphérique, présente un diamètre de 2 cm. Le sac allantoïdien est long d'environ 18 cm mais la quantité des liquides fœtaux est minime. La longueur du fœtus se situe entre 2 et 4 cm. Fixé à la partie antérieure de la corne, celui-ci peut, selon la méthode employée, être perçu sous la forme d'un petit renflement (impression d'un œuf hardé).

Au deuxième mois, la longueur du fœtus est de 6 à 8 cm. Le sac amniotique est tendu, le volume des liquides fœtaux varie entre 80 et 300 ml, la corne gravide (celle qui héberge le fœtus) est nettement fluctuante et l'asymétrie des cornes devient évidente (figure 3). Selon ROBERTS [31], la perception des membranes fœtales peut constituer, à cette période, un élément important en faveur d'un diagnostic positif. Cette perception est réalisée au mieux en pinçant la grande courbure de la corne utérine entre le pouce et l'index et en la laissant s'échapper, petit à petit, entre les doigts. Les enveloppes sont ainsi perçues à la manière dont il est possible de percevoir « une chemise à travers la manche d'un veston ».

Au troisième mois, la distension et l'asymétrie de l'utérus sont nettement perceptibles car la corne gravide a un diamètre double de la corne vide (figure 3). L'utérus s'est engagé plus en avant sur le bord antérieur du pubis et la succussion de l'organe permet souvent de percevoir le fœtus sous forme d'un corps dur, flottant dans du liquide (longueur de l'embryon : 15 cm, liquides fœtaux : 300 à 700 ml).

Figure 3 : Diagnostic de gestation par palpation transrectale chez la vache (DERIVAUX et ECTORS [13])



Aux quatrième et cinquième mois de gestation, les signes précédents s'intensifient, l'utérus gagne davantage la cavité abdominale et sa distension est plus marquée (figure 4). Le fœtus atteint 25 à 35 cm de longueur (il est palpé dans 50 % des cas) et le volume des liquides fœtaux varie entre 2 et 7 litres. L'hypertrophie cotylédonnaire, déjà perceptible entre 3,5 et 4 mois, s'est accentuée et les cotylédons sont facilement reconnaissables.

Entre le cinquième et le septième mois, l'utérus gravide s'enfonce toujours davantage dans la cavité abdominale.

La croissance du fœtus va s'intensifiant du septième mois à la fin de la gestation et il est plus facile de le percevoir par voie transrectale.

Figure 4 : Palpation transrectale d'une vache au cinquième mois de gestation  
(d'après DERIVAUX et ECTORS [13])



c. Le contrôle d'involution utérine - le diagnostic d'affections utérines

Du 1<sup>er</sup> au 45<sup>ème</sup> jour post-partum, la palpation transrectale doit s'attacher à définir si l'involution utérine est normale ou pathologique en appréciant la réduction du volume utérin, la tonicité du myomètre et la présence éventuelle de liquide intra-utérin (TURMEL[36]).

On peut considérer que l'utérus doit être palpable dans sa totalité vers le 10-12<sup>ème</sup> jour après le vêlage, l'utérus ayant complètement involué au 42-46<sup>ème</sup> jour (retour dans la filière pelvienne, à une taille quasi-équivalente à avant la gestation, tonicité normale). Cette involution est retardée par toute dystocie et par la rétention placentaire. Une première palpation peut avoir lieu vers le 6-10<sup>ème</sup> jour pour le dépistage des métrites aiguës puis une seconde vers le 20-26<sup>ème</sup> jour pour contrôler l'involution.

En ce qui concerne les cas pathologiques, la palpation transrectale permet de mettre en évidence :

- une métrite aiguë. L'utérus est augmenté de taille, la paroi peut être atone ou cartonnée.
- une métrite chronique. La taille des cornes est légèrement augmentée, la paroi est pâteuse ou au moins peu tonique. Une lumière peut être palpable.

- un pyomètre (photo 1), avec une accumulation de pus de 200 ml à 20 L. Les parois utérines sont épaissies et manquent de tonicité. Une sensation liquidienne sirupeuse ou visqueuse peut être notée. Le pus se collectant dans la partie déclive des cornes par gravité, on ne retrouve pas le renflement dorsal de l'utérus perceptible lors de gestation.

*Photo 1 : Pyomètre*



- un fœtus momifié (photo 2). L'utérus se situe en avant du plancher du bassin et tend vers la paroi abdominale. Il n'y a pas de placentomes ou de liquide fœtal, l'utérus n'est donc pas fluctuant. La paroi utérine est fine et contractée autour d'un fœtus particulièrement dur.

Photo 2 : Fœtus momifié



- une macération fœtale. La palpation est similaire à celle du fœtus momifié, si ce n'est que les os du fœtus sont crépitants dans la lumière utérine.

- un mucomètre ou un hydromètre qui apparaissent secondairement à un hymen imperforé ou à une anomalie de développement de l'appareil génital. On peut alors palper un utérus unicornué, une aplasie segmentaire (utérine – photo 3 –, cervicale, vaginale)...

Photo 3 : Agénésie utérine



- des adhérences utérines ou utéro-ovariennes. L'utérus est adhérent au rumen, à l'omentum ou à la bourse ovarique et la mobilité de certaines parties du tractus génital est diminuée.

- des abcès. Des adhérences sont, là encore, communément rencontrées.

- des tumeurs, rarement. D'après BONDURANT [10], on rencontre des lymphosarcomes (nodules lisses multiples sur la paroi utérine avec hyperplasie des nœuds lymphatiques inguinaux profonds et iliaques), des léiomyomes et des carcinomes.

### 3. Les ovaires

#### a. Palpation

Dans l'appareil génital d'une vache non gestante, les ovaires se trouvent au bout des cornes utérines, crânio-ventralement et latéralement à leur bifurcation. Par palpation transrectale, en glissant la main derrière le col utérin et le corps jusqu'à la bifurcation des cornes, l'opérateur peut, en balayant la zone du bout des doigts latéralement et ventralement, identifier les ovaires de chaque côté de l'utérus, suspendus au ligament large. Ils peuvent être attrapés entre le pouce et le majeur de manière à ce que l'index et l'annulaire soient libres pour explorer leur surface (BONDURANT [10]).

Les ovaires varient en taille et en forme avec le cycle œstral et l'âge, avec une moyenne de 2 à 4 cm de longueur, 2 à 3 cm de largeur et 2 à 3 cm de profondeur (LAING *et al.* [22]). En pratique vétérinaire, l'important est d'identifier les structures qu'ils contiennent : follicules, corps jaunes, kystes, voire abcès et tumeurs.

#### b. Les follicules

Les follicules varient en taille, avec un maximum de 2,5 cm de diamètre ; ils ne dépassent que très légèrement de la surface de l'ovaire. Ils sont remplis de liquide et sont donc dépressibles à la palpation (HANZEN *et al.* [19]). La facilité de leur identification dépend de leur taille, de leur position et de la présence d'autres structures sur l'ovaire. Leur présence étant

délectable tout au long du cycle, ils n'aident pas à déterminer le stade du cycle. Ils sont toutefois plus souvent palpables juste avant et pendant l'œstrus et du 7<sup>ème</sup> au 11<sup>ème</sup> jour après l'œstrus.

Les follicules lutéinisés ne sont pas communs et sont retrouvés le plus souvent dans le post-partum immédiat, avant une reprise normale de la cyclicité. Ils proviennent de la lutéinisation d'un follicule non ovulatoire et leur fonction est similaire à celle d'un corps jaune même si leur durée de vie est moins longue. Leur identification par palpation est difficile : ils mesurent 2 à 2,5 cm de diamètre et leur paroi est légèrement plus épaisse que celle d'un follicule normal (NOAKES [28]).

### c. Le corps jaune

Le corps jaune se forme comme une séquelle de l'ovulation, son identification par palpation prouve uniquement qu'il y a eu ovulation donc que la vache est cyclée. En effet, il peut être associé au diœstrus (phase lutéale), à une gestation ou peut occasionnellement être persistant mais rien ne permet de différencier ces situations par palpation ovarienne. D'après ROBERTS [31], le corps jaune de gestation est légèrement plus large et plus lourd que le corps jaune cyclique (2,5 cm contre 2,3 cm et 6,5 g contre 5,7 g) mais les différences ne sont pas suffisantes pour permettre le diagnostic.

On peut obtenir une approximation de l'âge du corps jaune grâce à sa taille et à sa consistance (NOAKES [28]). Juste après l'ovulation, on ne notera qu'une légère dépression. Au fur et à mesure que le corps jaune se développe, l'ovaire augmente de taille et le corps jaune commence à faire protrusion à la surface de l'ovaire. Il est d'abord crépitant et mou, puis prend la consistance du foie au milieu du cycle. Il mesure jusqu'à 2,5 cm de diamètre 7-8 jours après l'œstrus et ne change plus jusqu'au 16<sup>ème</sup>-17<sup>ème</sup> jour. Il commence alors à rapetisser et à durcir. La plupart des corps jaunes ont une papille, souvent assez grosse pour déformer entièrement l'ovaire. Cette papille, de consistance glandulaire, facilite donc la détection du corps jaune.

Selon HANZEN *et al.* [19], les corps jaunes de gestation de plus de 30 jours n'ont souvent pas de papille. Ils sont enchassés dans l'ovaire qui est gros, mou et déformé. Une palpation attentive de l'ovaire permet de mettre en évidence une dépression entre le corps jaune et le reste du stroma ovarien.



#### d. Les kystes

Les kystes sont des structures de plus de 2,5 cm de diamètre, remplies de liquide, souvent responsables de comportements aberrants chez l'animal touché : nymphomanie, cycles irréguliers, anœstrus (BARTOLOME *et al.* [7]). A la palpation, ils sont tendus, lisses et leur surface est dépressible. Histologiquement et macroscopiquement, on distingue kyste folliculaire et kyste lutéal. La différence réside dans la paroi : fine (< 3 mm) pour un kyste folliculaire, elle est épaisse car lutéinisée dans un kyste lutéal. D'après FARIN *et al.* [14], kystes lutéaux et kystes folliculaires ne sont pas différenciables à la palpation transrectale.

#### e. Les abcès et tumeurs

Les ovaires de vache portent, de façon inhabituelle, des abcès (photo 4) et rarement des tumeurs. Leur taille est alors augmentée, leur consistance est plus ferme et ils présentent des adhérences avec la bourse ovarique ou avec l'utérus. La palpation des ovaires abcédés peut se révéler douloureuse pour l'animal. Dans le peu de cas de tumeurs ovariennes rapportés (le plus souvent des tumeurs bénignes de la granulosa), l'ovaire controlatéral est petit et inactif. Si la tumeur est maligne, la palpation transrectale permet de rechercher les métastases sur le péritoine et les séreuses.

Photo 4 : Ovaire abcédé



En définitive, l'examen transrectal de l'appareil génital femelle est une source importante d'informations pour le vétérinaire, à tous les stades physiologiques. Il est à noter d'ailleurs qu'en péripartum, la voie transrectale peut également être un moyen complémentaire de la voie vaginale pour diagnostiquer une torsion antecervicale, un veau momifié, un jumeau emprisonné après fermeture du col, les causes de certaines dystocies, les perforations de l'utérus avant et après parturition (TURMEL [36])...

De plus, la technique est facile à mettre en œuvre sur le terrain puisqu'elle ne nécessite qu'un gant, du lubrifiant et une contention simple de l'animal. La maîtrise de ce geste est donc indispensable au vétérinaire rural dont les consultations de reproduction/obstétrique représentent aujourd'hui environ 60 % de l'activité dans les zones où le suivi de reproduction des troupeaux est mis en place. Cependant, l'enseignement de la palpation transrectale pose de nombreux problèmes que nous allons détailler.

## II. Problèmes posés par l'enseignement de la palpation transrectale en école vétérinaire

### 1. Les difficultés pratiques

#### a. Les modalités d'enseignement

- ✓ En France (AMIRAT-BRIAND *et al.* [3])

Quatre écoles vétérinaires existent en France et, même si quelques différences existent dans leurs programmes d'enseignement de reproduction bovine, la palpation transrectale de l'appareil génital chez la vache est généralement abordée en deuxième année d'études. A ce stade de leur formation, les étudiants ont tous reçu les cours d'anatomie de l'appareil génital et de physiologie de la reproduction. La palpation transrectale leur est alors expliquée et

montrée au cours de travaux dirigés. Ils ont ensuite accès, au cours de séances de travaux pratiques au sein des Ecoles, à des appareils génitaux d'abattoir pour se familiariser avec les gestes à acquérir. Enfin et selon l'Ecole, ils peuvent s'exercer à la technique de palpation in vivo, soit en travaux pratiques (par groupes de 6 à 12), soit en visites d'élevage (par groupes de 3 à 8). Ils sont alors généralement encadrés par au moins un enseignant-chercheur ou chargé de consultations. L'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse a la possibilité d'emmener des groupes de 8 étudiants dans un abattoir local, dans lequel les élèves ont un accès illimité à la pratique de la palpation transrectale.

Le cathétérisme du col utérin est peu abordé en pratique dans les écoles vétérinaires. Il peut être réalisé par les étudiants en cliniques, lorsqu'un animal hospitalisé présente une métrite, ou à l'abattoir.

Cet enseignement nécessite souvent l'achat d'animaux aptes à être mis à la reproduction et facilement manipulables par les Ecoles pour les travaux pratiques (jusqu'à 12 animaux à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon). Il est en général difficile de revendre ces vaches à la fin de l'année scolaire. Relativement au bien-être animal, même si aucun texte ne régit l'utilisation des vaches dans les Ecoles, les enseignants sont amenés à limiter le nombre de palpations transrectales par animal (1 à 4 palpations par séance selon le statut physiologique et l'école) et à retirer de la séance pratique les animaux présentant une colorectite associée à des saignements.

D'un point de vue légal, le responsable de l'Unité de Reproduction de chaque Ecole devrait rendre compte des activités réalisées au cours de l'année d'enseignement à un comité d'éthique désigné dans l'Ecole. En pratique, cela n'est jamais réalisé et ces actes, sauf indication thérapeutique, ne sont souvent même pas enregistrés dans le dossier clinique des animaux.

#### ✓ A l'étranger

A Liège (AMIRAT-BRIAND *et al.* [3]), la palpation transrectale n'est abordée qu'en quatrième année sur les 6 du cursus vétérinaire. Le schéma d'enseignement est le même qu'en France mis à part qu'en visite d'élevage, les étudiants ne peuvent palper que les vaches en involution utérine ou en anœstrus pathologique. Aucun comité d'éthique ne surveille l'utilisation des animaux de travaux pratiques, même si les enseignants limitent d'eux-mêmes les élèves à une palpation par vache par séance. Le cathétérisme du col n'est pas enseigné.



Au Canada, l'utilisation de grands animaux dans l'enseignement est contrôlée par plusieurs organismes (recherche animale, comités d'éthique). Des règles très strictes sont dictées aux facultés vétérinaires et aux écoles formant les inséminateurs (Animal Research Review Panel and NSW Department of Primary Industries Animal Welfare Branch [4]). Les vétérinaires qui encadrent les travaux pratiques, 1 pour 10 étudiants au minimum, doivent être habilités par les organismes précités. Les étudiants doivent recevoir les cours correspondant à l'anatomie et à la physiologie de l'appareil génital et pratiquer sur des pièces d'abattoir avant de s'exercer in vivo. Les vaches utilisées doivent avoir plus de 15 mois, une identification individuelle correcte et une vaccination contre la leptospirose à jour. Leur statut physiologique doit être connu par les instructeurs. Le jour de l'exercice, seules les vaches ayant une température normale et sans écoulement vaginal doivent être utilisées, avec une contention appropriée (préférentiellement au cornadis). Un gant à usage unique est utilisé pour chaque animal afin d'éviter le risque de transmission de maladies, de la Leucose Bovine Enzoootique notamment. Le reste du matériel, agréé, doit être à usage unique ou désinfecté entre chaque vache. Les étudiants doivent avoir les ongles coupés et ne pas porter de bijoux.

Par animal, il devrait y avoir un maximum de :

- 5 examens transrectaux (avec un idéal de 3 examens) au 1<sup>er</sup> entraînement, 8 aux suivants (avec un idéal de 6),
- 2 cathétérismes du col au 1<sup>er</sup> entraînement, 4 aux suivants,
- une séance tous les 2 jours avec un examen préalable par un vétérinaire.

Les vaches présentant des signes de lésions rectales doivent être immédiatement retirées de l'exercice, pendant au moins un mois. Toutes les manipulations doivent être retranscrites dans le dossier de l'animal, ce dernier devant, après l'exercice, être surveillé 2 fois par jour pendant 5 jours puis une fois par jour pendant 5 jours (notation des éventuels écoulements vaginaux, comportements anormaux, traitements administrés). En cas de mort suspecte, une autopsie doit être pratiquée. Par ailleurs, tous les animaux devraient être auscultés par un vétérinaire indépendant de la faculté tous les 3 mois. Un rapport annuel doit être soumis par le responsable du service de Reproduction aux organismes cités plus haut. Il détaille le nombre d'animaux utilisés à ces fins, d'étudiants pris en charge, de vétérinaires encadrants et les problèmes rencontrés.

Quant aux Etats-Unis, les activités y sont gradées de 1 à 5 selon les risques pour l'animal par le « comité d'éthique et de soins aux animaux dans les écoles » (Schools Animal Care and Ethics Committee [33]) :

- la palpation de l'appareil génital est un acte de grade 4 (activité à impact important sur l'animal, technique invasive, pouvant induire douleur et détresse chez l'animal pour laquelle les étudiants doivent avoir reçu une autorisation écrite du comité),

- le cathétérisme du col est une technique de grade 5 (technique hautement spécialisée, pouvant induire douleur et détresse chez l'animal pour laquelle étudiants et vétérinaires encadrants doivent avoir reçu l'autorisation écrite). La certification est valable 3 ans pour les instructeurs.

## b. Evaluation de l'enseignement

Peu de publications traitent de l'efficacité de la formation en reproduction bovine dans le cursus scolaire vétérinaire. En France, les enseignants pensent qu'elle répond aux attentes des étudiants, que leur niveau de qualification à la sortie de l'Ecole correspond aux réalités du terrain (AMIRAT-BRIAND *et al.* [3]). Il est admis que maîtriser la palpation transrectale s'acquiert avec l'expérience.

En Belgique, dans un système universitaire, l'objectif réel est d'avoir permis à chaque étudiant de faire une palpation transrectale au cours de sa scolarité. Réaliser un diagnostic de gestation ou un palper ovarien ne sera appris que sur le terrain (AMIRAT-BRIAND *et al.* [3]).

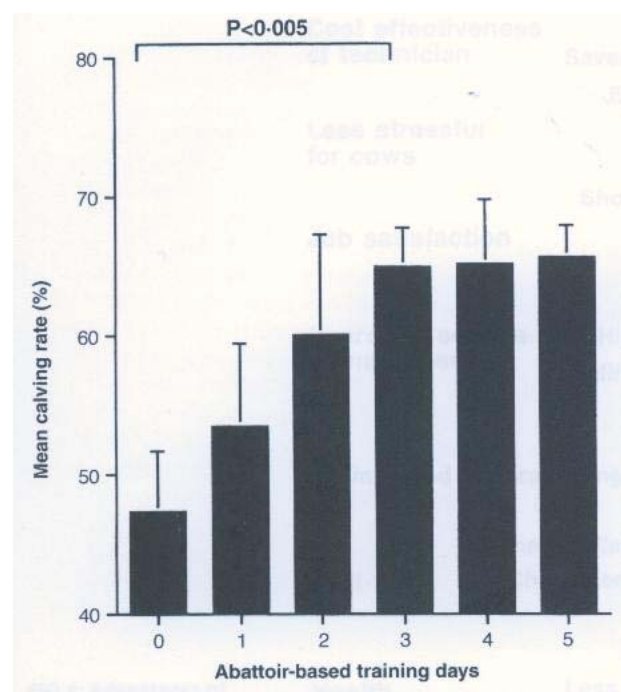
Aux Etats-Unis, ROOT KUSTRITZ *et al.* [32] ont tenté d'évaluer la formation en pathologie de la reproduction dispensée dans les écoles à travers une enquête menée auprès de vétérinaires praticiens. Pour cela, les vétérinaires devaient noter certains actes dans le domaine de la reproduction de 1 à 5 en fonction de leur importance en pratique (1 = pas du tout important, 5 = très important) et en fonction de leur degré de compétence à la fin de leurs études (1 = pas du tout compétent, 5 = extrêmement compétent).

Pour les praticiens à dominante bovine, la palpation transrectale est le geste le plus important en pratique, elle reçoit une note moyenne de 4,4 pour une compétence de 3,5. Les vétérinaires semblent donc maîtriser moyennement cet acte à la sortie des écoles. Cependant, ils admettent qu'améliorer la formation serait difficile étant donné que ce savoir-faire s'acquiert avec la pratique. D'après l'étude de LOPES et ROCHA [23], les étudiants ayant pu recevoir un module « abattoir » avec manipulation d'appareils génitaux *ex vivo* puis exercice de la

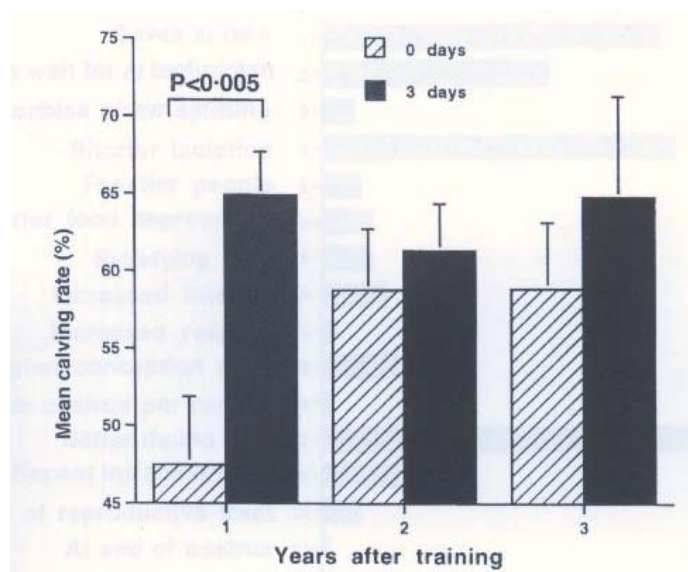
palpation transrectale sur les vaches prêtes à être abattues (plus de 70 vaches par étudiant) admettent que cela leur est bénéfique, opinion confirmée par de bons résultats à l'examen correspondant (palpation de 2 vaches en 10 minutes avec diagnostic de gestation et d'affection ovarienne).

Quant à l'insémination artificielle (dont la difficulté principale réside dans le cathétérisme du col), elle obtient la note moyenne de 2,3, non significativement différente de la compétence (2,4). Il semble que la pratique sur pièces d'abattoir dans un premier temps, avec un enseignement préalable sur l'anatomie et la physiologie, donne de meilleurs résultats que la formation in vivo seule (HOWELLS *et al.* [20]). Le taux de gestation obtenu par des élèves inséminateurs augmente significativement avec le nombre de jours d'entraînement en abattoir (enseignement théorique, pratique sur pièces d'abattoir puis sur vaches vivantes avec évaluation de l'acte après abattage) avec un plateau à partir de 3 jours (figure 5). Il est cependant à noter que cette différence de performances, selon que les inséminateurs ont reçu ou non un entraînement in vivo en abattoir, disparaît au bout de 2 ans d'exercice (figure 6).

Figure 5 : Taux de gestation moyen obtenu par des inséminateurs dans l'année suivant leur formation, en fonction du nombre de jours d'entraînement sur vaches vivantes en abattoir (d'après HOWELLS *et al.* [20])



*Figure 6 : Taux de gestation moyen obtenu par des inséminateurs dans leurs 3 premières années de pratique, selon qu'ils ont reçu ou non un entraînement de 3 jours, sur vaches vivantes, en abattoir (d'après HOWELLS et al. [20])*



Par ailleurs, de même que pour la palpation transrectale, l'expérience compte, comme le montre l'augmentation de 5 % du taux de gestation obtenu en moyenne par un inséminateur entre sa 1<sup>ère</sup> et sa 3<sup>ème</sup> année de pratique (figure 6).

Au final, l'apprentissage de l'examen transrectal chez la vache est amélioré par la pratique sur appareils génitaux ex vivo et sur le plus grand nombre d'animaux vivants possibles. Cependant, l'inconvénient de travailler en abattoir est que toutes les situations physiopathologiques ne sont pas également représentées : 82 à 90 % des animaux examinés sont non gravides. Toutes les affections, mis à part les kystes ovariens, ont une incidence faible. Les vaches en post-partum, donc en phase d'involution utérine, situation très fréquemment évaluée par les vétérinaires en pratique, ne constituent qu'une modeste proportion des animaux examinés. Chez les vaches non gestantes, l'anœstrus (utérus atone, petits ovaires inactifs) représente la plus grande proportion des cas observés (LOPES et ROCHA [23]).

## 2. Bien-être animal

### a. Stress

La signification du « stress » chez l'animal est très discutée. Globalement, le stress regroupe tous les stimuli internes ou externes à l'animal qui induisent des changements dans l'organisme pour l'aider à s'ajuster à son environnement (BREAZILE [11]). Cette définition reste abstraite et, en pratique, le stress animal peut seulement être mesuré indirectement à travers la réponse physiologique de l'animal.

#### ✓ Stress aigu :

Pour l'étude des situations de stress aigu, les critères biologiques sont simples et assez bien connus. L'augmentation de la production d'ACTH (Adrenocorticotropique Hormone) par l'adénohypophyse, sous le contrôle du CRF (Corticotropin-Releasing Factor) avec, comme conséquence, l'augmentation des glucocorticoïdes circulants, est une part reconnue de la réponse au stress communément utilisée en pratique. De même, les réponses au stress induites par l'adrénaline et la noradrénaline sont évaluables à travers l'augmentation de la fréquence cardiaque, de la contractilité et de la vasoconstriction périphérique. L'interprétation d'une valeur seule étant difficile chez la vache, il est préférable, pour valider une conclusion, de prélever des échantillons sanguins ou de mesurer l'activité cardiaque avant, pendant et après le facteur de stress, de façon à disposer de valeurs basales en relation avec l'adaptation à l'environnement (STOTT [34]).

Or, la mesure du cortisol circulant chez la vache avant, pendant et après la palpation transrectale a montré dans 2 études différentes (ALAM et DOBSON [2], NAKAO *et al.* [27]) une augmentation significative : le pic de cortisolémie (valeur basale multipliée par 3 à 7) survient 10 à 30 minutes après l'acte pour un retour à la valeur basale 25 à 90 minutes après (figures 7, 8 et 9). Les résultats étant les mêmes chez les vaches en œstrus et chez celles en phase lutéale, la palpation transrectale semble donc, quel que soit le stade physiologique, être un facteur de stress chez la vache.



Figure 7 : Concentrations plasmatiques de cortisol après une palpation transrectale de l'appareil génital (flèche) d'après ALAM et DOBSON [2]

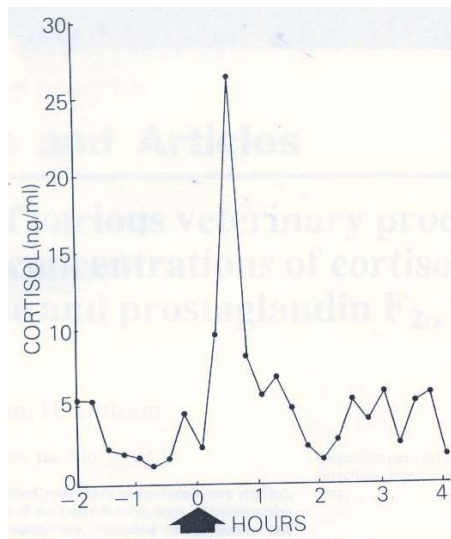
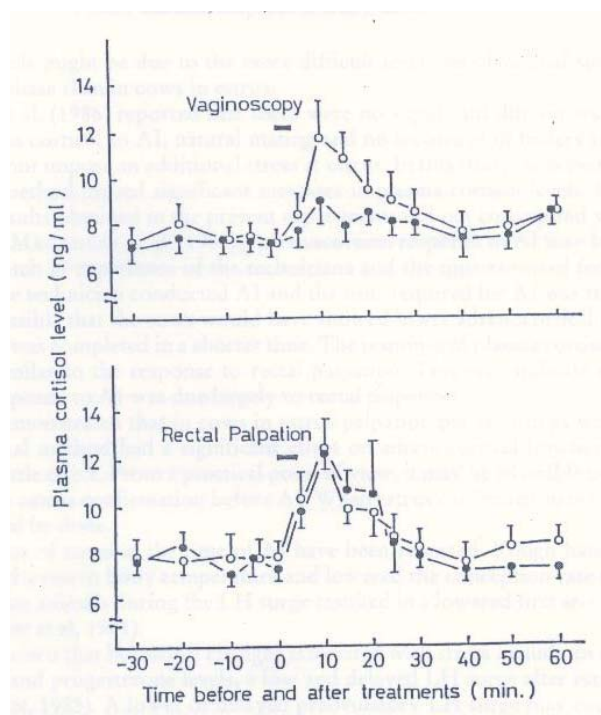


Figure 8 : Niveaux de cortisol plasmatique en réponse à une vaginoscopie et à une insémination artificielle chez 6 vaches en œstrus (points noirs) et en phase lutéale (points blancs) d'après NAKAO et al. [27]

Il est à noter que l'étude montre au préalable qu'il n'y a pas de différence significative entre les vaches témoins et les vaches ayant subi une vaginoscopie. Ces dernières sont donc ici les témoins.

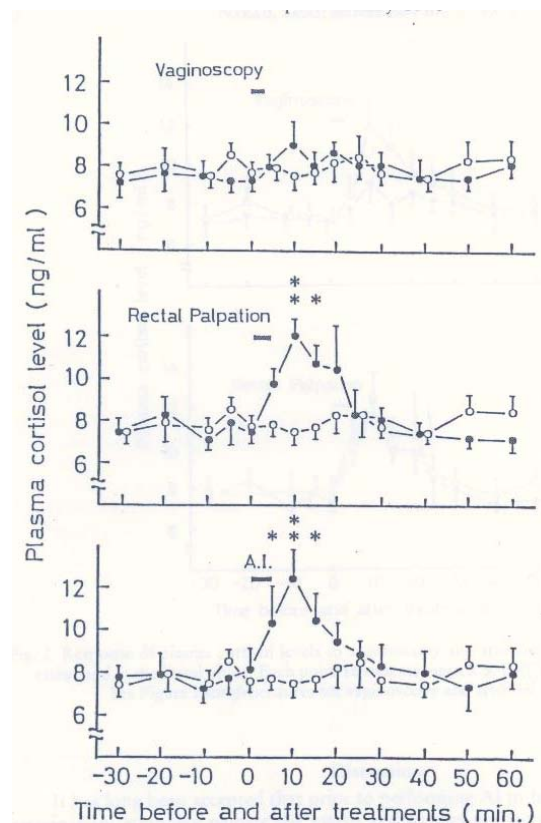


En ce qui concerne l'insémination artificielle, même si MACAULAY *et al.* [24] avaient trouvé en 1986 qu'elle n'avait pas d'impact sur la cortisolémie donc sur le bien-être animal, une publication plus récente (NAKAO *et al.* en 1993 [27]) a montré une augmentation significative de la cortisolémie 5 minutes après le début de l'insémination, avec un pic au bout de 10 minutes et un retour à la normale en 25-30 minutes (résultats encore une fois confirmés chez les vaches en chaleur et en phase lutéale, figure 9). Dans cette 2<sup>ème</sup> étude, la réponse à l'insémination pratiquée par la méthode recto-vaginale en 5 minutes est très similaire à celle obtenue après 4 minutes de palpation transrectale. Les auteurs en concluent que la réponse à l'insémination artificielle est principalement liée à la manipulation simultanée de l'appareil génital par voie rectale. Dans la 1<sup>ère</sup> étude dans laquelle les inséminations ne sont réalisées que pendant les chaleurs, ni la technique d'insémination utilisée, ni le temps mis par l'opérateur ne sont précisés.

WAIBLINGER *et al.* [40] ont, quant à eux, objectivé l'augmentation significative de la fréquence cardiaque des animaux inséminés par voie recto-vaginale (plus 7 battements par minute en moyenne).

Figure 9 : Niveaux de cortisol plasmatique en réponse à une vaginoscopie, à une palpation transrectale et à une insémination artificielle chez 6 vaches en œstrus (points blancs : vaches témoins n'ayant pas subi les traitements, points noirs : vaches soumises aux tests)

d'après NAKAO *et al.* [27]



Pour une étoile (\*) :  
 $p < 0,05$

Pour 2 étoiles superposées :  
 $p < 0,01$

- ✓ Stress chronique (MORMEDE [26], VEISSIER *et al.* [37]) :

Dans les situations de stress chronique qui pourraient concerner les animaux de travaux pratiques ou d'élevages suivis par des établissements universitaires, la plupart des critères possiblement évaluables sont silencieux. Les variations de concentrations hormonales circulantes sont très discrètes, voire indétectables. Il faudrait pouvoir mettre en évidence ces faibles variations sur des moyennes de populations ou par la mesure des concentrations des glucocorticoïdes ou de leurs métabolites dans l'urine.

La stimulation chronique de l'axe corticotrope provoque une hyperréactivité de la corticosurrénale à l'ACTH et une hyporéactivité de l'hypophyse au CRF. Cet effet pourrait être évalué par un test de freination à la dexaméthasone : chez les animaux dont l'axe corticotrope est hyperréactif, on observerait un échappement à la dexaméthasone avec des concentrations plus ou moins normales de glucocorticoïdes et d'ACTH. On pourrait également faire un test à l'ACTH en mesurant le taux de cortisol dans les 6 heures suivant une injection intraveineuse d'ACTH.

La sécrétion accrue de glucocorticoïdes qui existe même si elle n'est pas directement détectable se traduit par une hypertrophie surrénalienne et une atrophie thymique, peut-être objectivables à l'autopsie.

Une baisse de l'immunité, avec modification de la formule sanguine, pourrait être une caractéristique supplémentaire du stress chronique.

Pourtant, dans la littérature, ce stress chronique est insuffisamment étudié chez les animaux d'élevage (hormis par l'évaluation des baisses de production lors de mauvaises conditions d'élevage) et aucun résultat n'est disponible concernant le possible effet de palpations transrectales répétées sur des vaches.

En conclusion, on peut donc dire que, physiologiquement, les vaches montrent au moins une réaction de stress aigu au cours de la palpation transrectale et, a fortiori, au cours de l'insémination artificielle réalisée grâce à la méthode recto-vaginale. La manipulation par des étudiants novices dont les gestes sont, par la force des choses plus longs et moins précis que ceux d'un technicien aguerri, pourrait donc être une source de mal-être pour les animaux utilisés. En pratique cependant, les animaux ne changent quasiment pas de comportement pendant cet acte (ils continuent pour la plupart à s'alimenter, à ruminer) et ne montrent que rarement des réactions de défense (mouvements latéraux du train postérieur, coups de pied).

## b. Lacérations rectales

Chaque vétérinaire a déjà pu constater, au cours de sa carrière, des signes de lésions rectales consécutives à une palpation de l'appareil génital chez une vache, ne serait-ce qu'en observant des traces de sang sur le gant usagé. Pourtant, jusqu'en 2002, aucune mention n'était faite dans la littérature des dommages éventuels causés à l'appareil génital par la palpation transrectale. Depuis, YANIZ *et al.* [41] ont montré, à travers une étude menée sur 2 lots de 9 vaches, les conséquences d'un suivi de reproduction « intensif » (palpation pour contrôle d'involution à 40 jours post-partum, lors de la synchronisation des chaleurs et pour l'insémination à 15 jours d'intervalle environ), comparativement à l'effet d'une unique palpation pour insémination artificielle par voie recto-vaginale sur observation des chaleurs. L'inspection, au microscope électronique, de 16 échantillons de péritoine, prélevés sur les organes génitaux de chaque vache après abattage (au niveau du mésosalpinx, des ligaments intercornuaux, du corps utérin, ...), a révélé des lésions sur 6 des 9 vaches du lot en programme intensif : microcoupures, nombreux filaments probablement de collagène avec de la fibrine organisée comme lors de péritonite, formation d'adhérences ou réépithélialisation.

En définitive, si ce programme de reproduction « intensif » basé sur 3 palpations transrectales à 15 jours d'intervalle augmente le risque d'altérations du péritoine viscéral chez la vache, la palpation répétée d'appareils génitaux *in vivo*, par des étudiants vétérinaires, au cours d'une même séance de travaux pratiques, est sans doute la cause de lésions rectales plus importantes.

Pour information, en médecine équine, dans laquelle la responsabilité civile professionnelle des vétérinaires est, de façon générale, plus souvent mise en cause qu'en médecine bovine, les études plus fréquemment menées sur ce thème montrent que 17 % des lacérations rectales sont dues à une palpation transrectale effectuée par une personne inexpérimentée telle qu'un étudiant. Cependant, la majorité (60 %) survient lors d'un examen par palpation transrectale classique en clientèle, les facteurs de risque étant une mauvaise contention, l'impatience du praticien ou une prédisposition individuelle de certains chevaux (BODET [9]).

### c. Mortalité embryonnaire/fœtale

Depuis les années 60 et la mise au point de l'avortement provoqué par la rupture manuelle de la vésicule amniotique chez la vache, de nombreuses publications ont tenté d'évaluer l'impact de la palpation transrectale sur la survie embryonnaire et fœtale.

Comme nous l'avons vu dans la première partie, le diagnostic de gestation chez la vache est basé sur l'identification d'une distension de la corne utérine gestante par les liquides, éventuellement sur la palpation de la vésicule amniotique, voire sur la perception des enveloppes fœtales. Divers facteurs liés à l'examen transrectal sont de nature à influencer la fréquence de la mortalité embryonnaire. L'expérience du clinicien est à souligner : la mortalité embryonnaire plus élevée habituellement observée dans les troupeaux suivis par des établissements universitaires pourrait, en effet, résulter d'une manipulation plus intense et surtout répétée des animaux par des personnes moins expérimentées (HANZEN *et al.* [18]). La méthode de diagnostic utilisée en fonction du stade de gestation entre également en jeu : le glissement des membranes fœtales engendre davantage de pertes que la palpation de la vésicule amniotique entre le 45<sup>ème</sup> et le 70<sup>ème</sup> jour de gestation tandis que cette seconde méthode induit plus de pertes entre le 30<sup>ème</sup> et le 44<sup>ème</sup> jour de gestation. La comparaison des 3 méthodes de diagnostic de gestation montre que, si le diagnostic sur la seule fluctuation des cornes utérines est une méthode sûre, le glissement des membranes fœtales et, dans une moindre mesure, la palpation de la vésicule amniotique augmentent le risque d'avortement (ABBITT *et al.* [1]). L'inexpérience et le manque de maîtrise du diagnostic par voie rectale peuvent donc avoir des conséquences non négligeables d'un point de vue éthique.

En conclusion, même si peu d'auteurs se sont intéressés aux effets de l'apprentissage de la palpation transrectale *in vivo* par des étudiants vétérinaires, les résultats observés laissent ouverte la question de son impact sur le bien-être animal.

Les difficultés pratiques rencontrées dans les écoles vétérinaires pour enseigner la palpation transrectale de l'appareil génital chez la vache combinées aux questions d'éthique qui sont en passe de devenir une demande sociale majeure même pour les animaux d'élevage (VEISSIER *et al.* [38]), ont conduit au développement d'enseignements alternatifs que nous allons aborder.

### III. Alternatives à l'enseignement existant

#### 1. La cœlioscopie (RAVIER [30])

##### a. Principe

La cœlioscopie est un examen endoscopique de la cavité abdominale réalisé à l'aide d'un tube rigide photophore (laparoscope ou endoscope) introduit au travers d'une courte incision abdominale. L'appareil reproducteur de la vache a été ainsi étudié dès 1956.

De façon pratique, l'examen cœlioscopique de l'appareil génital de la vache est réalisé sur des animaux en position debout, éventuellement préalablement mis à la diète pendant 12 à 48 heures, placés dans un travail, attachés à la tête par un licol et éventuellement au nez par une pince mouchette. Les vaches peuvent être soit séditées et il y a alors anesthésie locale au site de ponction, soit insensibilisées par une anesthésie paravertébrale proximale. Pour observer les organes pelviens, le site de ponction se situe dans le creux du flanc avec les repères suivants :

- 5 cm, soit trois travers de doigts, crânialement à la pointe de la hanche,
- 8 à 10 cm, soit un travers de main, ventralement à l'extrémité des processus transverses des vertèbres lombaires.

Après préparation chirurgicale du site opératoire, la paroi abdominale est ponctionnée et un pneumopéritoine est éventuellement établi. Le trocart destiné à supporter l'optique est mis en place ainsi que le laparoscope. La ponction à droite est à privilégier car l'observation de l'appareil génital y est plus facile et plus complète, le champ de vision offert étant plus vaste qu'à gauche du fait de l'absence du rumen.

##### b. Avantages

L'examen cœlioscopique des organes pelviens par un enseignant permet, en simultané, de guider un étudiant vétérinaire dans la palpation transrectale, de critiquer ses gestes et d'infirmer ou de confirmer son diagnostic, ce qui est en partie impossible lors de palpation

transrectale simple. L'élève lui-même peut, par l'intermédiaire d'un matériel de capture d'images, visualiser les organes qu'il palpe.

Il est par ailleurs d'une « innocuité » certaine pour l'animal : tous les incidents et complications cités dans la littérature (emphysème sous-cutané, ponction d'organes, décollement péritonéal...), liés à la mise en œuvre de la laparoscopie, évoluent de façon bénigne dans la très grande majorité des cas (un seul cas de péritonite aiguë ayant nécessité l'euthanasie rapporté dans une expérimentation menée sur 42 vaches). L'examen peut d'ailleurs se pratiquer sans conséquence sur une éventuelle gestation. De plus, aucune modification biochimique du liquide péritonéal, aucune modification de la formule sanguine, du taux de protéines totales, du fibrinogène n'est constatée après une telle intervention.

### c. Inconvénients

Malgré tout, cette technique est un acte chirurgical qui reste invasif et nécessite des moyens matériels importants (matériel laparoscopique – investissement d'une dizaine de milliers d'euros -, matériel de capture de l'image, petit matériel d'anesthésie et de chirurgie...). Elle nécessite la contention et sédation de la vache pendant plusieurs heures, le temps des manipulations.

Par ailleurs, elle ne résout pas les problèmes du faible nombre d'examen possibles par les étudiants et du manque de diversité des situations physiopathologiques rencontrées au cours d'une même séance de travaux pratiques. Elle peut difficilement être mise en place en visite d'élevage et nécessite donc l'entretien d'un nombre d'animaux non négligeable au sein des écoles. Aucune mention n'est faite dans la littérature de la fréquence possible d'utilisation des animaux à ces fins.

Enfin, d'un point de vue purement pédagogique, la cœlioscopie ne permet aux enseignants de vérifier ni l'apprentissage de la palpation du col utérin qui n'est pas identifiable par cette technique, ni la technique de franchissement des anneaux cervicaux pour le cathétérisme.

## 2. La technologie « Phantom » (BAILLIE et al. [5 ; 6])

### a. Principe

La technologie Phantom est un dispositif basé sur le sens du toucher qui permet à un opérateur d'interagir avec un environnement virtuel généré par un logiciel informatique. Une réflexion menée par l'entreprise détentrice, « Sensable Technologies », en partenariat avec le Docteur Sarah BAILLIE, vétérinaire enseignante à l'université de Glasgow en Ecosse, a abouti à la création d'un simulateur de palpation transrectale chez la vache.

Des modèles anatomiques du tractus génital femelle – col, utérus, ovaies – dans diverses situations physio-pathologiques ont été dessinés et positionnés dans une filière pelvienne dans un programme informatique. Chaque « objet » virtuel comporte des caractéristiques de forme, de consistance, de surface qui définissent la résistance et la réponse dans l'espace aux mouvements de l'utilisateur. Les différents modèles peuvent être combinés pour représenter un maximum de scénarios et enseigner les gestes adéquats aux étudiants vétérinaires : orientation dans la filière pelvienne, localisation du col et des cornes utérines, diagnostic de gestation, palpation ovarienne... La technologie « Phantom » consiste alors, pour l'étudiant, à placer son majeur dans une sorte de dé à coudre au bout d'un bras mécanique Phantom et à recevoir, en retour, des informations de l'ordinateur par une interface haptique (utilisant le toucher). L'enseignant peut suivre les gestes de l'étudiant dans la vache virtuelle sur l'écran d'ordinateur (photos 5 et 6). Pour rendre l'exercice encore plus réaliste et l'environnement propice à l'apprentissage pour l'étudiant, un modèle d'arrière train de vache en fibre de verre a été conçu pour couvrir le dispositif Phantom.

*Photos 5 et 6 : La technologie Phantom (BAILLIE et al. [6])*





Cette nouvelle technologie a été introduite dans le cursus des étudiants de l'université de médecine vétérinaire de Glasgow depuis 2003, dès leur première année de cliniques. Quatre niveaux de difficulté ont été créés dans le logiciel informatique :

- le premier comporte uniquement le col utérin au milieu du plancher du bassin. L'étudiant peut y être entraîné à s'orienter dans les 3 dimensions, à palper les repères anatomiques de la filière pelvienne, à balayer le plancher du bassin de droite à gauche et d'avant en arrière pour localiser le col.

- le deuxième niveau contient un utérus non gestant et des ovaires. L'étudiant apprend à identifier les structures clés et à repérer l'utérus.

Ces 2 niveaux interviennent avant la palpation transrectale de vaches vivantes pour développer la capacité des étudiants à se repérer dans la filière pelvienne et à décrire les propriétés caractéristiques des structures palpées.

- les niveaux 3 et 4 incluent divers stades de gestation (entre la 7<sup>ème</sup> et la 10<sup>ème</sup> semaine) et diverses situations ovariennes. Ils sont destinés au perfectionnement des gestes des étudiants plus expérimentés.

## b. Avantages

Le point positif le plus important du simulateur de palpation transrectale bovine est qu'il permet à l'enseignant de guider l'étudiant dans l'apprentissage des gestes techniques et de critiquer sa façon de procéder.

La multitude de situations physiopathologiques permises par le logiciel résout un des principaux problèmes posés par l'apprentissage de la palpation in vivo. Au cours d'une même séance de travaux pratiques, l'étudiant peut enfin, grâce à cette nouvelle technologie, être confronté à un maximum de cas, notamment aux pathologies rares. La flexibilité est maximale en fonction du thème de la séance et du niveau de l'élève. Cet avantage permet par ailleurs de standardiser la formation commune reçue par les étudiants, standardisation qui n'est pas permise par les travaux pratiques in vivo.

Un atout non négligeable est l'environnement totalement sécuritaire fourni par le simulateur : si l'étudiant fait une erreur, il n'y a de conséquence ni sur la vache, ni sur

l'étudiant, ni sur l'instructeur, ni même sur le travail de l'éleveur... Les bénéfices sur le bien être animal sont certains puisque cette pratique limite l'utilisation d'animaux vivants et permet aux étudiants de maîtriser les gestes de base avant leurs premiers entraînements in vivo.

Au final, une étude menée sur des étudiants de l'université de Glasgow montre que le simulateur est utile pour apprendre les gestes de base, comme la localisation du col, de l'utérus et des ovaires (BAILLIE *et al.* [6]). Les étudiants gagnent confiance en eux et se sentent mieux préparés à suivre des visites d'élevage qui n'en sont qu'optimisées.

### c. Inconvénients

Comme expliqué plus haut, l'interaction entre l'utilisateur et le simulateur se fait via le majeur de l'utilisateur, ce qui ne permet pas une interface importante avec l'appareil génital virtuel. L'examen précis des ovaires, par exemple, demande en pratique de tenir l'ovaire entre le pouce et le majeur, ce qui n'est pas réalisable dans ce cas. Manipuler et palper simultanément est infaisable.

D'autre part, les étudiants interrogés ont l'impression de ne pas être correctement familiarisés avec l'environnement rectal : pas de rectum, de fèces, de péristaltisme, pas d'organes abdominaux, pas de frémissement de l'artère utérine, de placentomes. Si le repérage dans la cavité pelvienne est amélioré par l'exercice, la palpation ovarienne et, dans une moindre mesure, le diagnostic de gestation nécessitent encore des modifications. Il serait nécessaire d'améliorer les sensations perçues autour de l'appareil génital et d'augmenter le nombre de situations physiopathologiques (stade de gestation, pathologie) programmées dans le logiciel.

Enfin, d'un point de vue financier, le coût du simulateur en lui-même est élevé (environ 20 000 euros pour la seule technologie Phantom) et son intégration, dans l'enseignement de reproduction bovine, est difficile puisqu'un enseignant ne peut interagir qu'avec un étudiant à la fois.

### 3. Développement d'appareils génitaux artificiels

Les inconvénients des techniques d'enseignement alternatives déjà citées nous font nous poser la question de l'existence d'appareils génitaux artificiels mais concrets. Ils auraient les nombreux avantages de la technologie Phantom sans ses inconvénients.

#### a. Etat des lieux

Aucune littérature ne mentionne la création d'un appareil génital de vache artificiel. Cependant, un article, écrit par GREENFIELD *et al.* [15], traite du développement de modèles d'organes abdominaux canins comme aide à l'apprentissage des gestes chirurgicaux basiques. Même si ladite publication ne cite que les reins, rate et foie artificiels, il semble que le projet ait été élargi à l'estomac, au pancréas, aux intestins, aux voies urinaires et à l'utérus (GREENFIELD *et al.* [16]), sans qu'aucune référence bibliographique ne détaille le matériel et la méthode utilisés.

Le principe de cette expérience a été de recréer des organes abdominaux aussi proches de la réalité que possible. Des reproductions en plastique ont été réalisées à partir de moules et de sculptures d'organes prélevés sur un chien de taille moyenne pour respecter au mieux leur anatomie et celle de leur vascularisation. Divers additifs ont été mélangés aux plastiques pour que la consistance et la surface des matières obtenues soient les plus proches possibles de celles des organes moulés. Une large palette de couleur a permis de redonner aux modèles un aspect des plus réalistes.

Les modèles ont ensuite été évalués par des chirurgiens expérimentés qui ont noté la qualité de leurs parenchyme, canaux, vaisseaux, capsule, leur friabilité, leurs propriétés de résistance à la manipulation et aux sutures. Pour cela, chaque organe artificiel a subi une série d'interventions basiques (biopsie, néphrotomie, néphrectomie, splénectomie totale ou partielle...) et la possibilité d'intégrer ces modèles dans un cursus vétérinaire a été validée.

## b. Avantages

Les modèles ainsi développés sont bon marché, réutilisables et réparables (les matériaux utilisés sont recyclables). Les matériaux plastiques utilisés étant chimiquement compatibles les uns avec les autres, ils sont sûrs pour les manipulateurs et l'environnement.

Les organes artificiels sont disponibles à tout moment et en grand nombre donc faciles à intégrer à un programme scolaire. Les étudiants peuvent les utiliser autant de fois que nécessaire. Les élèves n'ont pas de contrainte de temps et apprennent plus sereinement lorsqu'ils s'exercent *in vitro*. L'apprentissage sur modèles augmente ainsi leur confiance en eux au premier entraînement sur animal vivant. Ils sont finalement mieux préparés à accomplir un geste chirurgical que sans l'utilisation de ces outils (GREENFIELD *et al.* [17]).

## c. Inconvénients

Le principal inconvénient des modèles artificiels est qu'on ne retrouve jamais une totale similitude avec les organes réels, notamment en termes de consistance et de friabilité. Or le niveau de réalisme acceptable pour utiliser ces modèles dans le cursus scolaire et éventuellement remplacer une part de l'enseignement existant, est justement une question sans réponse (GREENFIELD *et al.* [17]).

Accessoirement, les organes artificiels nécessitent la plupart du temps d'être manipulés avec plus de soin que les pièces d'autopsie.

Et surtout, ces modèles ne sont aujourd'hui pas commercialisés et n'existent, à notre connaissance, que dans l'espèce canine.

En conclusion de cette première partie, il paraît intéressant de développer plusieurs modèles artificiels d'appareils génitaux de vache dans diverses situations physiopathologiques : ils regrouperaient les avantages des techniques alternatives à l'enseignement de la palpation transrectale déjà existantes et pourraient n'avoir que peu d'inconvénients. En complétant l'enseignement *in vivo*, ils pourraient être une aide à l'apprentissage de la palpation transrectale en

école vétérinaire et résoudraient, en partie, les problèmes pratiques et d'éthique que nous avons abordés.

Avec cet objectif, nous allons dans une deuxième partie décrire le matériel utilisé et la technique employée pour confectionner ces outils, outils que nous critiquerons par la suite.

Rapport-Gratuit.com

## DEUXIEME PARTIE

Les qualités attendues pour les modèles artificiels d'appareils génitaux de vache que nous souhaitions créer, étaient au départ nombreuses. D'une part, ils devaient bien sûr être d'une totale innocuité pour les manipulateurs, tout en étant assez solides pour résister à des utilisations répétées. D'autre part, d'un point de vue pédagogique, ils devaient être le plus proche possible de la réalité afin de pouvoir compléter l'enseignement existant et aider à résoudre les problèmes posés par l'enseignement de la palpation transrectale de l'appareil génital chez la vache.

Plusieurs réflexions sont nées de ces objectifs :

- nous partions de zéro sur ce travail et travailler sur l'appareil génital dans sa totalité paraissait trop complexe. Nous avons donc choisi dans un premier temps de nous intéresser aux ovaires de vache pour la mise au point des techniques de fabrication. La possibilité de réintégrer ces ovaires dans leur position physiologique, à l'extrémité d'un utérus « au repos » et dans une filière pelvienne artificielle, constituerait néanmoins un avantage non négligeable.

- créer des modèles qui respectent à la fois l'apparence (externe mais aussi interne) et la texture des organes nous semblait, au vu des essais déjà réalisés sur des organes canins (cf. 1ère partie, III.3.), difficile. Nous avons donc choisi de suivre séparément ces deux objectifs.

Ainsi, nous avons entrepris deux types d'expérimentation différents que nous exposerons de façon distincte : la plastination et le moulage d'ovaires.

# I. Plastination

## 1. Choix de la technique

La plastination est une technique particulière de conservation des tissus organiques, développée en 1978 par le Docteur Gunter VON HAGENS, de l'Université de Heidelberg en Allemagne (MEJZA [25]). Dans ce procédé de conservation des organes et pièces anatomiques, l'eau et les lipides contenus dans les tissus sont remplacés par divers polymères (silicone, époxy, polyesters) qui durcissent, permettant d'obtenir des spécimens secs, durables et non odorants, dans un but didactique ou d'exposition. La classe du polymère choisi détermine la transparence ou l'opacité de la pièce anatomique plastinée, ainsi que ses propriétés mécaniques (souple ou ferme).

Les propriétés pédagogiques des spécimens plastinés sont nombreuses : facilité d'examen, de manutention, de stockage et de conservation. De plus, ils présentent un caractère de biosécurité totale pour les manipulateurs. Enfin, l'architecture des organes conservés par plastination est préservée jusqu'à l'échelon cellulaire. Ainsi, cette méthode représente une avancée majeure dans l'enseignement des sciences biologiques mais aussi dans la modélisation humaine.

Pour toutes ces raisons, l'Unité d'Anatomie des animaux domestiques de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort utilise depuis deux ans la plastination afin de créer des spécimens de démonstration destinés aux étudiants. Nous avons décidé de nous y associer pour plastiner des ovaires de vache en utilisant leurs matériels et mises au point. Le but était d'obtenir des spécimens dans diverses situations physiopathologiques, entiers et en coupe transversale, afin de montrer l'aspect extérieur mais aussi intérieur de ces organes internes donc méconnus. Par définition, les ovaires plastinés seront de consistance dure et ne seront donc d'aucun intérêt pour l'apprentissage de la palpation.

## 2. Matériels et méthodes

Après collecte des ovaires, la plastination comporte 4 étapes : la fixation, la déshydratation, l'imprégnation forcée et le durcissement (Institut für Anatomie [21]). Tout l'équipement et les solutions, mis à part le formaldéhyde et l'acétone (MOULIN, Alfortville, France), proviennent de BIODUR® Products (Heidelberg, Allemagne) qui détient le brevet de la technique de plastination.

### a. Récolte des ovaires en abattoir

Quatre jours passés à l'abattoir de Metz (Moselle, 57) ont permis de récolter 330 ovaires. Sur ces 330 pièces, nous en avons sélectionné 100 d'intérêt pédagogique : des petits et des gros spécimens, des ovaires inactifs, à follicules, à simple ou double corps jaunes, à kystes, des ovaires anormaux... Certains sont destinés à être coupés transversalement afin de montrer aux étudiants l'aspect des organites et du stroma ovarien tandis que d'autres seront conservés entiers.

### b. Fixation

Dans les 5 heures suivant leur prélèvement en abattoir, les ovaires récoltés ont été immergés dans du formaldéhyde dilué à 5 % dans de l'eau du robinet. Ils ont ainsi été fixés pendant 30 à 35 jours (selon leur jour de récolte).

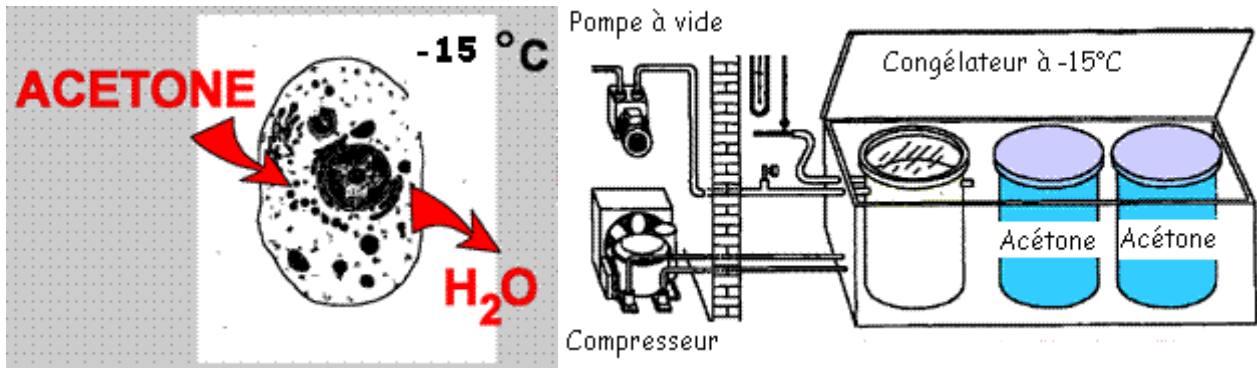
### c. La déshydratation (figure 10)

La déshydratation intéresse principalement l'eau contenue dans les ovaires. La technique utilisée ne comprend pas de phase spécifique de dégraissage puisque l'acétone s'en charge en partie au froid négatif. Les ovaires ont été plongés dans un bain d'acétone, placé dans un congélateur à -15°C, ce qui assure le maintien instantané de leur forme. La teneur en acétone vérifiée quotidiennement grâce à un acétonomètre, les bains d'acétone ont été renouvelés 3



fois à une semaine d'intervalle (tableau 1). Au bout de 4 semaines, les ovaires étaient complètement déshydratés (teneur en eau mesurée à l'acétonomètre inférieure à 1 % pendant 3 jours consécutifs).

*Figure 10 : Phase de déshydratation (d'après Institut für Anatomie [21])*



*Tableau 1 : Calendrier de déshydratation*

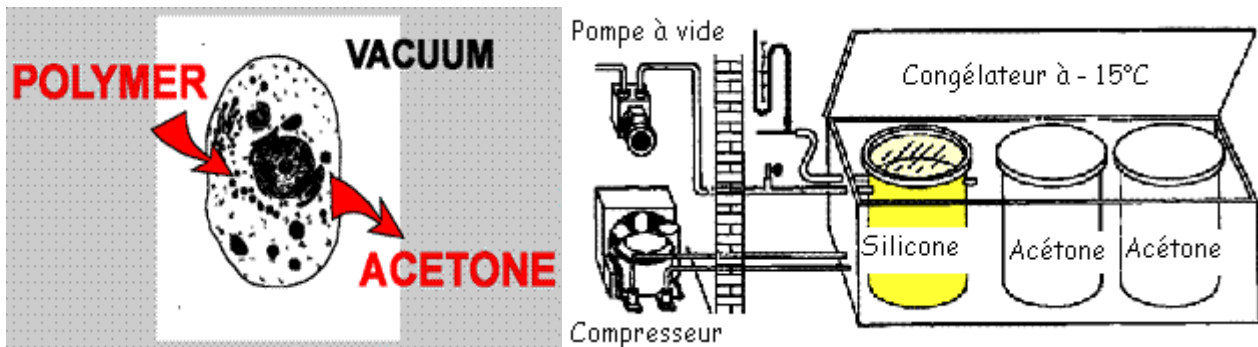
Jour	Pourcentage d'acétone du bain en début de cycle	Pourcentage d'acétone du bain en fin de cycle
J0 (immersion dans le 1 <sup>er</sup> bain d'acétone)	93	88
J7 (immersion dans le 2 <sup>ème</sup> bain d'acétone)	96	93
J14 (immersion dans le 3 <sup>ème</sup> bain d'acétone)	99	97
J22 (immersion dans le 4 <sup>ème</sup> bain d'acétone)	100	99 (à J29)

#### d. Imprégnation forcée (figure 11)

L'étape essentielle de la plastination est le remplacement du solvant intermédiaire par un polymère. Ceci est réalisé grâce au vide imposé durant la phase d'imprégnation forcée (pompe à vide installée sur le congélateur). Les ovaires gorgés d'acétone (point de pression de vapeur élevé, température d'ébullition faible) ont été maintenus immergés dans un bain de

silicone BIODUR<sup>®</sup> S10 à -15°C (point de pression de vapeur faible, température d'ébullition élevée) à l'aide d'une grille fixée au couvercle du contenant. En pratique, le silicone était mélangé au durcisseur BIODUR<sup>®</sup> S3 à raison d'un volume de durcisseur pour 100 volumes de silicone. En appliquant le vide progressivement jusqu'à 11 mm Hg en 14 jours (tableau 2), l'acétone a été extraite du bain sous forme de bulles de gaz. En effet, les 14<sup>ème</sup>, 15<sup>ème</sup> et 16<sup>ème</sup> jours, aucune bulle d'acétone n'est plus apparue à la surface du bain.

*Figure 11 : Phase d'imprégnation forcée (d'après Institut für Anatomie [21])*



*Tableau 2 : Calendrier d'imprégnation forcée*

Jour	Pression
J0 (branchement de la pompe à vide après 24 heures d'immersion des ovaires dans le bain de silicone à -15°C)	150 mm Hg
J4	75 mm Hg
J6	50 mm Hg
J11	35 mm Hg
J12	20 mm Hg
J13	12 mm Hg
J14 (fin de l'ébullition d'acétone constatée)	11 mm Hg

Cette extraction du volatile intermédiaire entraîne une dépression relative à l'intérieur des tissus d'où l'entrée du silicone et la stabilisation des membranes. Au terme de 14 jours de déshydratation, nous avons pu replacer les ovaires dans les conditions atmosphériques pendant 24 heures avant de passer à l'étape suivante.

### e. Durcissement

Avant de polymériser le silicone, nous avons préparé les ovaires au durcissement : égouttage à  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mise à température ambiante pendant 24 heures, dissection plus fine des ligaments ovariens, coupes transversales à l'aide d'un couteau à cerveau pour certains. Une fois coupées, les structures fragiles telles que les follicules ou les kystes ont été replacées dans leur forme physiologique à l'aide de boules de coton ou de papier essuie-tout (photo 7).

*Photo 7 : Préparation des ovaires avant durcissement*



Le durcissement en lui-même ou polymérisation consiste à exposer les ovaires, dans une chambre hermétique, à une atmosphère continuellement saturée en durcisseur BIODUR<sup>®</sup> S6. Ce liquide est contenu dans une réserve, placée dans cette même chambre, et son évaporation est maintenue constante. Sa circulation homogène, réalisée par une pompe à membrane, accélère le processus (photo 8).

*Photo 8 : Pompe à membrane et réserve de durcisseur  
dans la chambre hermétique de durcissement*



Cette technique est rapide mais le silicone dégorge des organes et nous avons dû les essuyer toutes les 2 heures maximum afin d'éviter la formation d'une « croûte » de silicone durci à la surface des ovaires. Après 8 heures, nous n'avons plus observé de suintement de silicone et nous avons encore laissé les ovaires une nuit exposés au durcisseur. Les spécimens plastinés ont ensuite été conservés dans des sacs ou boîtes étanches qui permettent au gaz durcisseur en excès de continuer son action.

### 3. Résultats

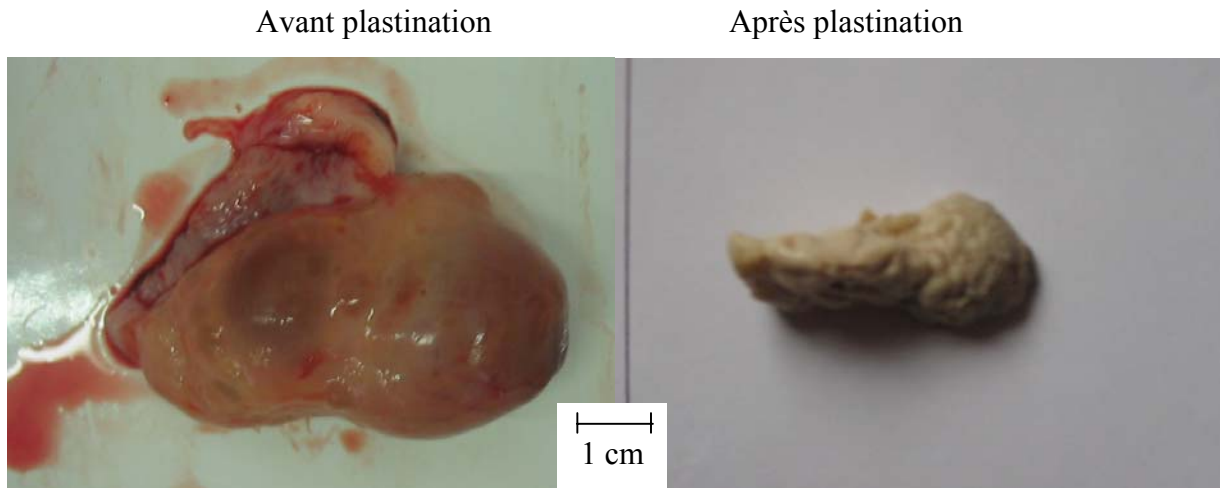
Sur les 100 ovaires initialement sélectionnés, 91 sont arrivés au terme du processus de plastination : 3 petits ovaires ont été perdus dans les changements de bain et 6 ovaires ont été trop endommagés par la préparation avant durcissement.

Sur les 91 ovaires plastinés, nous en avons coupés 48 transversalement.

✓ Taille :

De manière générale, les ovaires ont rapetissé avec le procédé jusqu'à près de 2 cm pour les plus gros. Une moyenne réalisée sur 23 des spécimens, soit le quart, montre qu'au terme du processus, ils ont perdu près de 20 % de leur taille initiale, avec un maximum de 33 % (photo 9).

*Photo 9 : Ovaire dont la taille a diminué de 33 % après plastination*



✓ Organites :

Les follicules, y compris les follicules antraux visibles à la surface de l'ovaire n'ont pas supporté le processus de plastination et se sont donc flétris (photos 10 et 11). Dans la mesure où le procédé n'avait pas trop abîmé et rigidifié leurs membranes, certains follicules ont tout de même pu être remodelés manuellement après coupe transversale de l'ovaire et sont alors relativement bien conservés par le procédé (photo 12).

Photo 10 : Aspect d'un follicule avant et après plastination



Photo 11 : Aspect des follicules antraux visibles à la surface de l'ovaire avant et après plastination

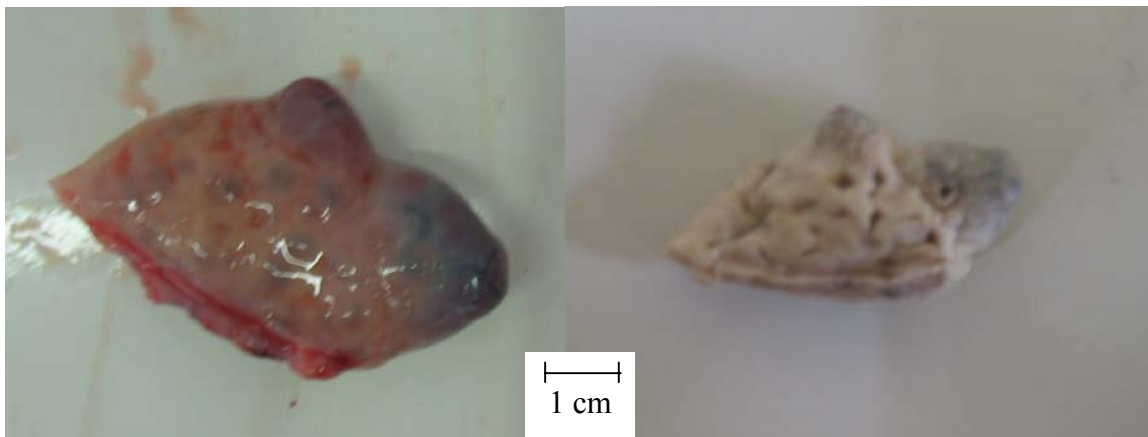
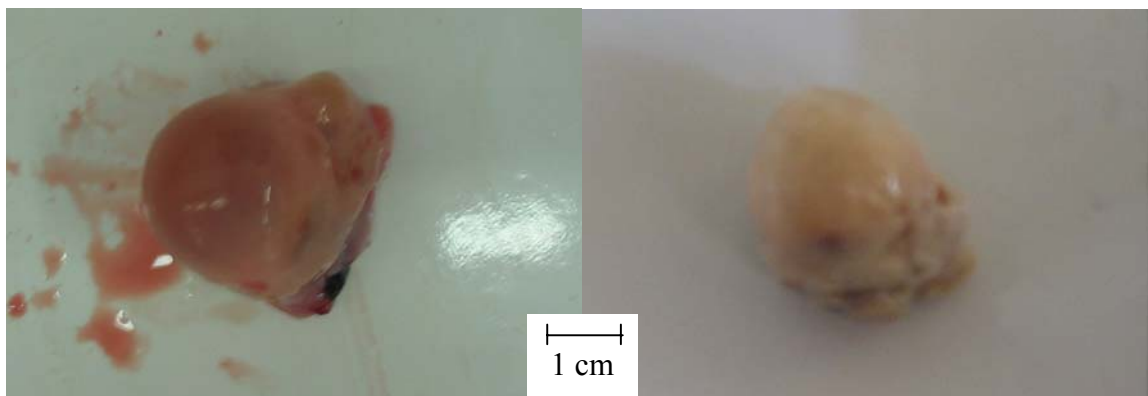


Photo 12 : Follicule ayant pu être reformé manuellement après coupe transversale de l'ovaire



Les corps jaunes ont, tout comme le reste du stroma, rapetissé au cours de la plastination. Sur un quart des ovaires obtenus, ils ont en moyenne diminué de 29 % avec un maximum de 51 % (photo 13). Cependant, leur aspect est assez bien conservé après plastination (photo 14).

Photo 13 : Ovaire dont la taille du corps jaune (à gauche) a diminué de 51 % après plastination

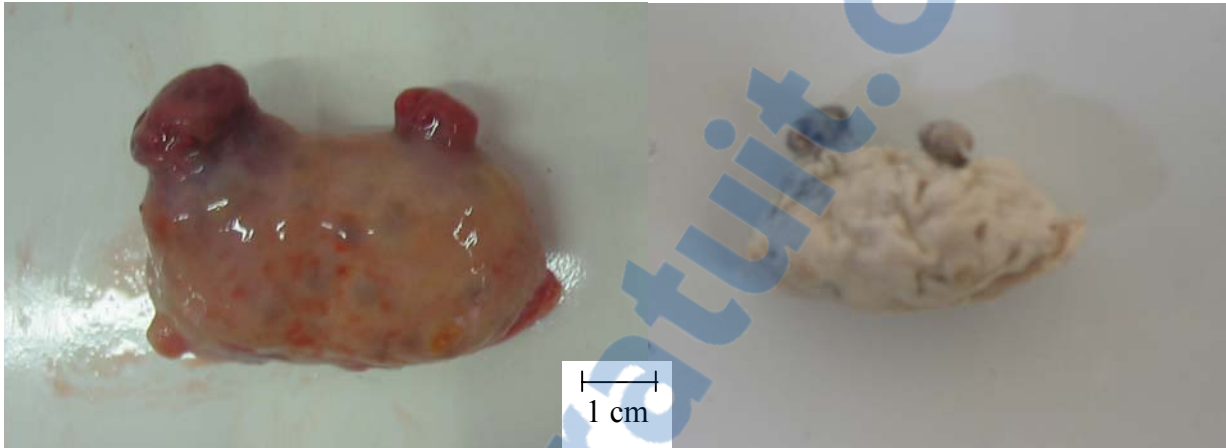
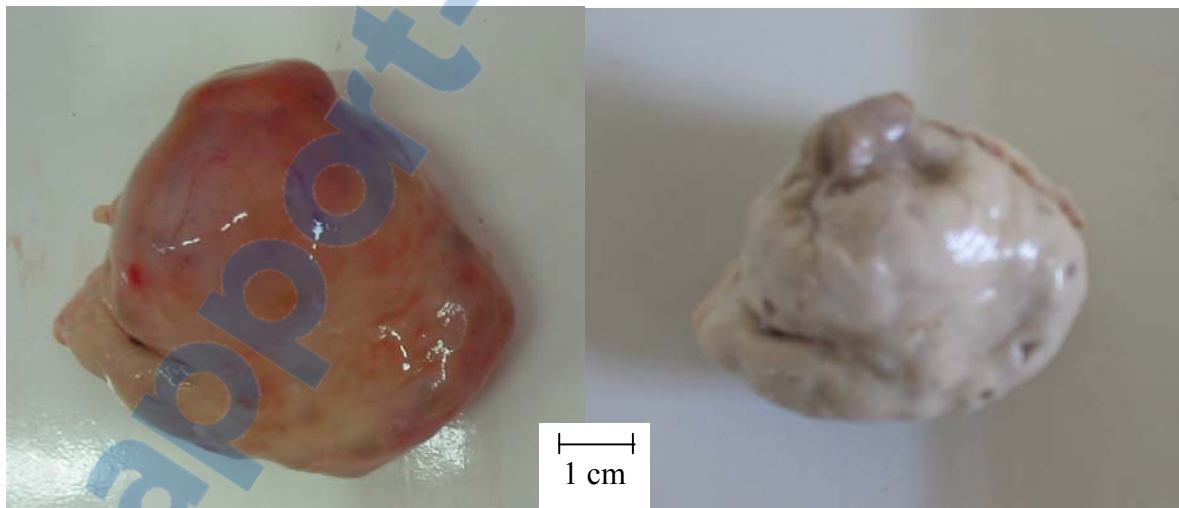


Photo 14 : Exemple de l'aspect d'un corps jaune avant et après plastination



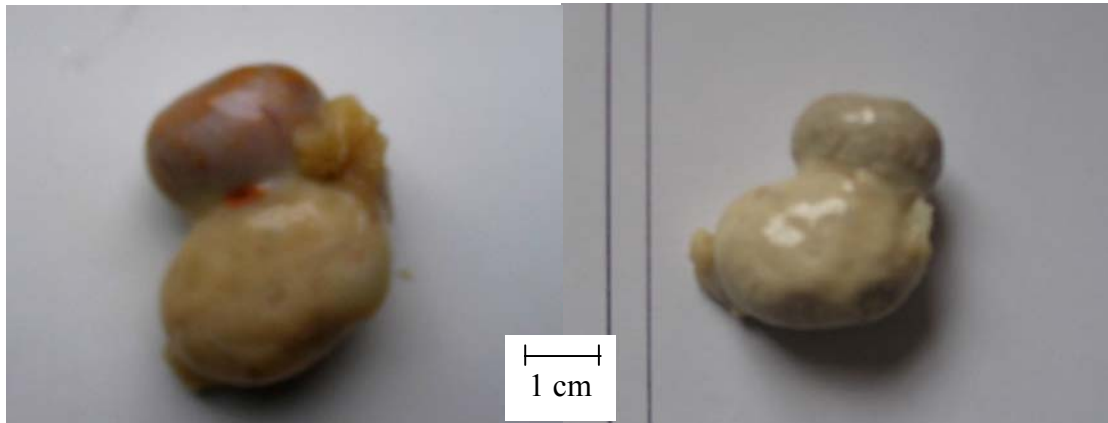
✓ Aspect :

L'échec de la plastination des follicules, y compris des follicules antraux, décrit ci-dessus, donne un aspect particulier aux ovaires plastinés, comme « flétri », qui ne correspond évidemment pas exactement à leur apparence in vivo. D'autre part, la coloration des spécimens obtenus est plus proche de celle des ovaires après fixation par le formaldéhyde que de



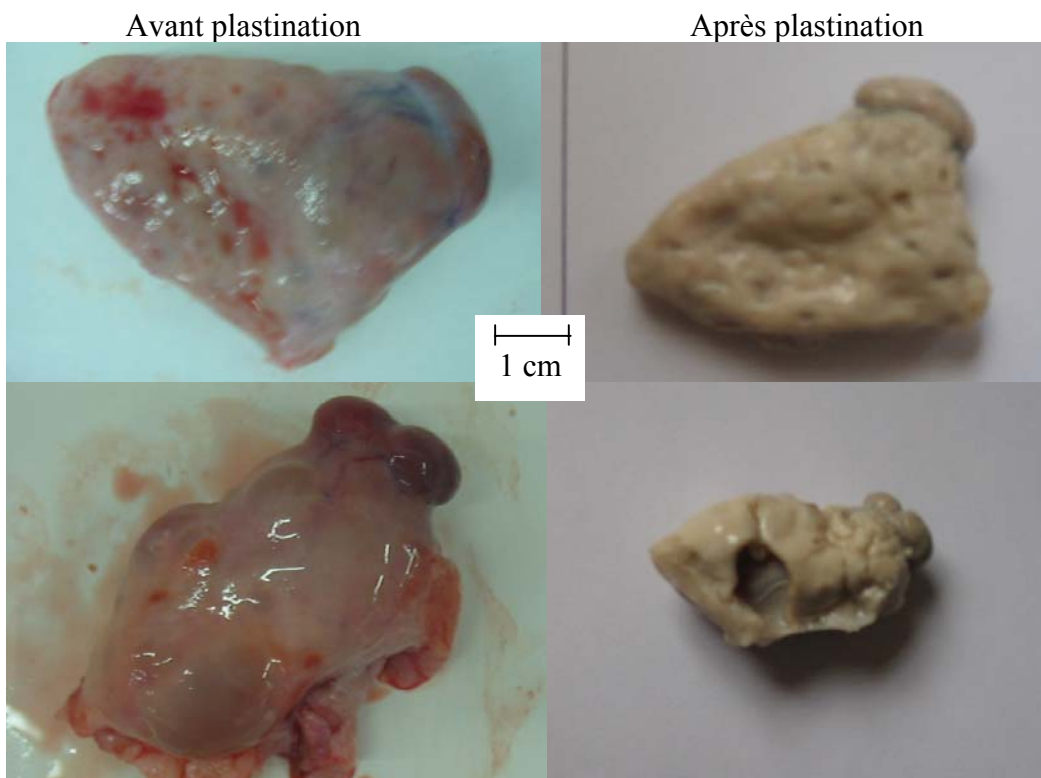
celle des ovaires frais : ils sont donc dans des tons beiges plutôt que dans les tons rosés physiologiques (photo 15).

*Photo 15 : Comparaison de la coloration d'un ovaire après fixation et après plastination*



Face à ces résultats, sur les 91 ovaires obtenus, nous en avons exclu 11, jugés trop éloignés de la réalité pour pouvoir être de bons outils pédagogiques (photo 16). Au final, nous disposons donc de 80 ovaires plastinés.

*Photo 16 : Comparaison entre un ovaire plastiné conservé comme outil pédagogique (en haut) et un ovaire plastiné trop éloigné de l'original (en bas)*





## 4. Discussion

### ✓ Récolte des ovaires :

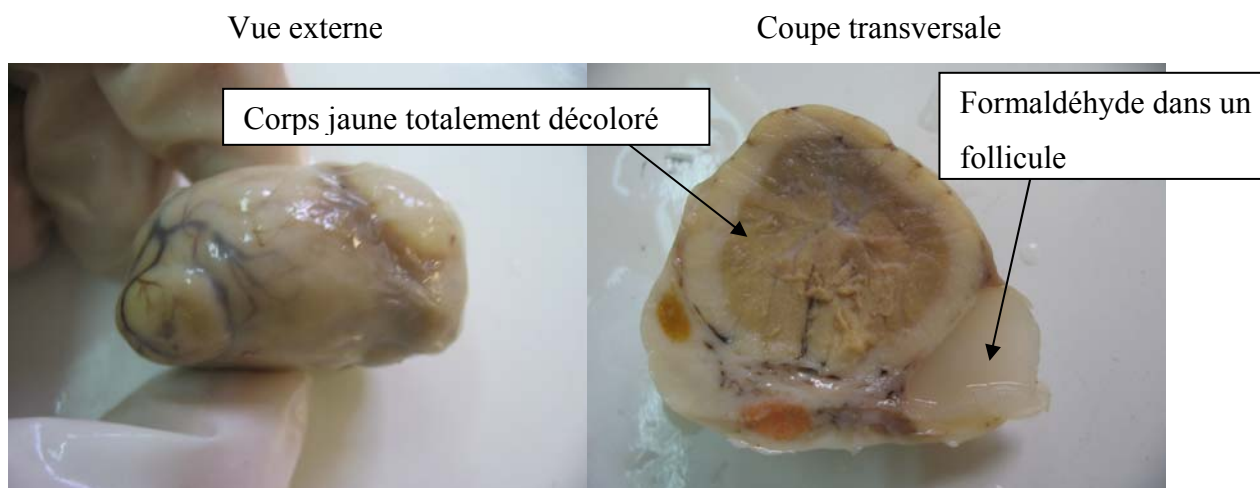
Comme nous l'avons précisé en introduction, le procédé de plastination n'avait, en France, jamais été appliqué aux ovaires de vache et nous nous sommes associés à l'Unité d'Anatomie des animaux domestiques pour tester la technique. Etant donné que nous utilisons leurs savoir-faire, matériaux et contenants, nous nous sommes intégrés dans un de leur cycle de plastination et nous avons donc limité le nombre d'ovaires à plastiner à 100.

Il nous fallait, alors, obtenir une centaine d'ovaires intéressants d'un point de vue pédagogique pour le démarrage du cycle. Habituellement, l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort travaille avec des pièces d'abattoir en provenance de l'abattoir de Meaux, en Seine-et-Marne, mais le rythme d'abattage de cet établissement était trop faible pour récupérer autant d'ovaires en un temps limité. Nous nous sommes donc tournés vers l'abattoir de Metz, en Moselle, qui possède une grosse capacité d'abattage (600 à 800 bovins par semaine). La récolte de 330 ovaires en 4 jours nous a ainsi permis d'avoir un panel de situations physiopathologiques intéressant et de pouvoir aisément sélectionner la centaine d'ovaires à plastiner.

### ✓ Fixation :

La fixation des organes dans une solution de formaldéhyde à 5 % est la technique conseillée par le Dr VON HAGENS [39] : elle permet le durcissement des spécimens et donc leur résistance au procédé de plastination. Cependant, la durée de fixation nécessaire dépend de la taille et de la composition des organes et nous n'avons pas de données précises pour les ovaires. Au sein de l'Unité d'Anatomie des animaux domestiques, la durée habituelle de fixation est de 6 semaines environ. Les ovaires étant de petits organes, nous avons régulièrement apprécié le degré de pénétration du formol dans les tissus à l'aide de coupes transversales d'ovaires non sélectionnés pour la plastination. En 30 à 35 jours (selon le jour de récolte à l'abattoir), les ovaires nous ont semblé suffisamment durcis pour entrer dans le processus : les corps jaunes étaient totalement imbibés de formaldéhyde et le liquide folliculaire avait été remplacé par la solution de fixation (photo 17).

Photo 17 : Aspect d'un ovaire après 30 à 35 jours de fixation



L'inconvénient d'une telle fixation est la perte de couleur des organes. Comme nous l'avons expliqué, les ovaires plastinés obtenus ont une teinte beaucoup plus pâle et terne que leur teinte physiologique. D'après VON HAGENS [39], cet inconvénient de l'étape de fixation peut être évité en utilisant, par exemple, une fixation courte (4 à 24 heures), une fixation au froid positif (+ 5°C) ou encore une fixation simultanée à la déshydratation, en utilisant un mélange à -25°C de formaldéhyde à 5 % et d'acétone. Il serait donc intéressant de tester ces techniques à l'avenir.

✓ Déshydratation :

Les procédés de déshydratation utilisables sont nombreux : déshydratations à température ambiante au méthanol, à l'éthanol, à l'acétone, déshydratation à l'acétone au froid négatif. C'est cette dernière technique que nous avons employée et qui semble être la meilleure pour les spécimens macroscopiques. D'après VON HAGENS [39], alors que les autres méthodes entraînent un rétrécissement des organes de 44 à 54 %, la déshydratation au froid négatif (à -30°C) permet de limiter la perte à 10 % de la taille initiale de l'organe. Par ailleurs, cette technique est la plus rapide puisque le premier bain de déshydratation peut déjà ne pas contenir d'eau alors que les autres méthodes nécessitent un premier bain composé de 50 à 70 % d'eau. Ainsi, les organes peuvent être déshydratés en 10 à 35 jours.

Pourtant, d'après nos résultats, la taille des ovaires plastinés a diminué jusqu'à 33 %, notamment à cause des follicules et kystes qui n'ont pas supporté le processus. D'après VON HAGENS [39], la déshydratation des organes munis de parois minces (< 6 mm) devrait être limitée sous peine de fragiliser les membranes ou de les durcir. Le reste de la technique de plastination étant réalisée sous pression (imprégnation forcée de silicone), les spécimens risqueraient sinon d'être trop sensibles. Gunther VON HAGENS [39] conseille, par exemple, de ne pas dépasser 3 semaines de déshydratation pour des intestins, ces organes étant généralement dépourvus d'eau en 5 à 10 jours. Dans notre expérience, la phase de déshydratation a effectivement duré 22 jours ce qui est peut-être trop long pour les follicules et kystes. Il est à rappeler que le cycle de plastination dans lequel nous nous sommes intégrés, intéressait également d'autres organes, plus volumineux, destinés à l'Unité d'Anatomie des animaux domestiques. Il serait donc utile d'essayer de plastiner des ovaires séparément et de raccourcir la phase de déshydratation. Il faudrait alors trouver la durée adéquate pour ne pas fragiliser les parois, tout en autorisant une bonne déshydratation du stroma ovarien.

✓ Imprégnation forcée :

Pour réaliser l'imprégnation forcée, les ovaires ont été maintenus immergés dans un bain de polymère à l'aide d'une grille. En effet, les organes déshydratés dans l'acétone flottent puisque la densité de ce solvant est de 0,79 contre 1 pour le silicone. Au cours de notre expérience, nous avons pu constater que quelques ovaires s'étaient insérés dans les mailles de la grille utilisée. Le polymère n'a donc, sans doute, pas eu accès à toute la surface de ces organes d'où une imprégnation incomplète qui pourrait expliquer l'aspect des ovaires les moins bien conservés après plastination. Il est donc important de régler la taille des mailles de la grille utilisée en fonction de celle des organes concernés.

L'imprégnation forcée est l'étape centrale de la plastination conseillée par VON HAGENS [39]. Elle permet de limiter les quantités de polymère utilisé, elle est rapide (4 semaines maximum) et complète. Elle consiste à immerger les organes dans un mélange de silicone et de durcisseur puis d'appliquer le vide progressivement afin d'extraire l'acétone des tissus et de le remplacer par le dit mélange. La difficulté de cette phase réside dans le fait que l'imprégnation ne doit pas être réalisée trop rapidement. En effet, si le vide est augmenté trop vite, le polymère n'a pas le temps de pénétrer dans les cellules. La structure des pièces anatomiques se détériore, les membranes se collabent et les organes rétrécissent. Le problème est que la vitesse de mise sous vide

doit être appréciée par la formation de bulles de gaz (d'acétone) à la surface du bain d'imprégnation : seules quelques bulles doivent apparaître à la surface de la solution de silicone simultanément et ce, sans éclabousser le bain. Cette évaluation est donc subjective. Dans notre expérience, une imprégnation forcée trop rapide pourrait également expliquer l'échec du procédé sur les kystes et follicules ovariens. Une fois de plus, certains des organes plastinés dans le même cycle étaient, sans doute, moins sensibles au processus et il serait intéressant de reconduire l'expérimentation sur des ovaires pris séparément en augmentant le vide plus progressivement.

VON HAGENS [39] propose, par ailleurs, pour les organes les plus fragiles, de prévenir le rétrécissement des tissus en les infiltrant au préalable. A l'aide d'aiguilles très fines, les liquides peuvent, en effet, être remplacés par le mélange de silicone et de durcisseur. Les aiguilles peuvent être laissées dans la structure, le temps de l'imprégnation. Les yeux étant donnés comme exemple d'organes à infiltrer, il pourrait être bénéfique d'essayer cette méthode sur les kystes et follicules, même si l'infiltration des follicules antraux les plus petits semble difficile à réaliser.

Enfin, il est normalement conseillé d'arrêter l'imprégnation lorsque la pression est passée en dessous de 5 mm Hg et que des bulles de gaz cessent d'apparaître à la surface du polymère. Dans notre expérience, la pression s'est stabilisée à 11 mm Hg, pendant quelques jours, sans qu'aucune bulle de gaz ne soit plus repérée. Cette situation n'est pas décrite dans la littérature de VON HAGENS et l'Unité d'Anatomie des animaux domestiques ne l'avait encore jamais rencontrée. Il ne semble pas y avoir eu de conséquences sur le procédé, à notre connaissance.

#### ✓ Préparation au durcissement :

Avant de durcir les ovaires imprégnés de silicone, nous les avons préparés. Une fois sortis du bain d'imprégnation, nous les avons égouttés à -15 °C pendant 24 heures, délai maximal entre la fin de l'imprégnation et le durcissement (VON HAGENS [39]). A ce moment, nous nous sommes rendu compte que les follicules et kystes avaient mal supporté le processus. La seule façon de récupérer la forme physiologique de ces organites a été de réaliser des coupes transversales et de les reformer manuellement lorsque c'était possible (pour 6 ovaires, les membranes des organites se sont rompues à plusieurs reprises et nous avons été contraints de les écarter du processus). Nous n'avons donc pas réellement eu le choix des coupes comme nous l'aurions souhaité au départ, l'idéal ayant été de pouvoir proposer les ovaires dans diverses

situations physiopathologiques par paire, un entier et un en coupe transversale. Nous avons essayé de limiter les coupes puisque 48 ovaires sur les 91 plastinés ont été ouverts. Mais, finalement, les 11 ovaires exclus car jugés trop éloignés de la réalité faisaient partie des 43 ovaires entiers. Les corrections de la méthode de plastination proposées plus haut permettraient sans doute d'améliorer les résultats sur les kystes et follicules et, par conséquent, de pouvoir préserver l'appariement des ovaires pour les coupes transversales.

✓ Durcissement :

Le durcissement rapide que nous avons utilisé, est la méthode la plus rapide et la plus efficace pour les organes en coupe. Il permet par ailleurs un rétrécissement moindre des spécimens (VON HAGENS [39]). Cependant, il nécessite d'une part de surveiller régulièrement le suintement du silicone à la surface des organes mais aussi, à plus long terme, de prévenir l'apparition d'une précipitation blanche due à l'humidité ou à un durcissement excessif des spécimens. Pour cela, le durcissement par le gaz durcisseur doit s'arrêter dès que le polymère cesse de suinter et, par la suite, les spécimens plastinés doivent être conservés dans des sacs ou boîtes étanches, en présence de chlorure de calcium déliquescent. Dans notre expérience, nous avons exposé les ovaires toute une nuit au durcisseur après la fin du suintement et nous n'avons pas pris la précaution de placer du chlorure de calcium avec les ovaires. Il est donc possible que de telles tâches blanches apparaissent, même si le durcissement est achevé puisque les ovaires sont secs au toucher.

Pour conclure, ce premier essai de plastination d'ovaires de vache donne des résultats intéressants d'un point de vue pédagogique. Les spécimens plastinés permettront de montrer aux étudiants l'aspect extérieur mais aussi intérieur des ovaires et des organites qu'ils contiennent. La taille des organes n'est pas totalement respectée par la technique mais le panel obtenu dans notre expérimentation permet de donner un intervalle des tailles que l'on peut rencontrer in vivo puisque le plus petit ovaire mesure environ 1 cm contre 11 cm pour le plus gros. La couleur est différente de celle des ovaires in vivo mais, si l'on considère que ces organes sont internes, cela n'a pas réellement d'importance pour les étudiants. L'aspect des kystes et follicules (antraux de 2-3 mm de diamètre à pré-ovulatoires) est le point le plus critique de notre travail. En travaux pratiques, l'utilisation des ovaires plastinés coupés transversalement peut en partie pallier ce problème.

Par la suite, il serait néanmoins intéressant de réitérer l'expérience en diminuant la durée de déshydratation, en ralentissant l'imprégnation forcée, voire en infiltrant les kystes et follicules de polymère au préalable. Pour améliorer le rendu final, la méthode de fixation pourrait, elle aussi, être modifiée afin de préserver la couleur des organes.

## II. Moulages

### 1. Choix de la technique

Les ovaires plastinés étant durs, ils permettent de rendre compte de l'aspect extérieur et intérieur, mais pas de la consistance. Ce critère étant un élément important du diagnostic, il nous fallait fabriquer d'autres outils pédagogiques qui respectent, cette fois-ci, la consistance des ovaires bovins afin de montrer aux étudiants les sensations perçues lors de la palpation transrectale. Cependant, comme nous l'avons expliqué dans notre première partie, aucun essai n'a jamais été réalisé dans ce domaine. Nous nous sommes donc tournés vers le magasin de matériaux de création qui travaille avec le Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris, France), Esprit Composite® (Paris, France), pour avoir des conseils.

Le silicone nous a paru être la matière la plus appropriée pour obtenir des moulages proches de la réalité. En effet, différentes dilutions de ce produit sont possibles ce qui permet de créer diverses consistances. Le silicone présente une grande résistance aux manipulations. Il est relativement facile d'utilisation et est d'une totale innocuité pour les utilisateurs.

Nous avons donc décidé de mettre au point une méthode de moulage en silicone pour obtenir des reproductions d'ovaires dans diverses situations physiopathologiques.

## 2. Matériels et méthodes

Tous les matériaux utilisés dans notre expérimentation proviennent du magasin Esprit Composite<sup>®</sup>, à Paris.

### a. Récolte des ovaires et fixation

Suite à la sélection des 100 ovaires à plastiner pour notre première expérimentation, il nous restait 230 ovaires sur les 330 récoltés à l'abattoir de Metz, fixés pendant 30 à 35 jours dans du formaldéhyde dilué à 5 % dans de l'eau du robinet (cf. 2<sup>ème</sup> partie, I.3.a et I.3.b.). Nous en avons sélectionné 50 d'intérêt pédagogique pour l'apprentissage de la palpation : ovaires au repos, à follicules, à corps jaunes enchassés dans le stroma ou en « bouchon de champagne »...

### b. Essais de dilution du silicone et comparaison avec la consistance des ovaires frais

Pour créer des repères de consistance, nous avons réalisé, dans des moules pour inclusion, des pavés de 10 ml de silicone en mélangeant simultanément, à température ambiante, du silicone RTV 6007 Esprit Composite<sup>®</sup> (annexe 1), de l'huile silicone Esprit Composite<sup>®</sup> et du catalyseur silicone Esprit Composite<sup>®</sup>. Les dilutions de silicone dans l'huile ont été testées de 0 à 70 % v/v, de 5 % en 5 % (tableau 3). Le catalyseur était utilisé pour polymériser le mélange, à raison de 5 % du volume total. Nous avons ensuite identifié les mélanges (de A pour le silicone pur à O pour le silicone dilué à 70 %, photo 18).

*Tableau 3 : Composition des pavés de silicone utilisés comme repères de consistance*

Dilution (v/v)	Dénomination	Silicone (ml)	Huile (ml)	Catalyseur (ml)
0 %	A	9.5	0	0.5
5 %	B	9	0.5	0.5
10 %	C	8.5	1	0.5
15 %	D	8	1.5	0.5
20 %	E	7.5	2	0.5
25 %	F	7	2.5	0.5
30 %	G	6.5	3	0.5
35 %	H	6	3.5	0.5
40 %	I	5.5	4	0.5
45 %	J	5	4.5	0.5
50 %	K	4.5	5	0.5
55 %	L	4	5.5	0.5
60 %	M	3.5	6	0.5
65 %	N	3	6.5	0.5
70 %	O	2.5	7	0.5

*Photo 18 : Pavés de silicone dilué de 0 à 70 % v/v*





L'Unité de Reproduction de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort reçoit en général une fois par semaine des appareils génitaux de vaches en provenance de l'abattoir de Meaux (Seine-et-Marne, 77) pour les travaux pratiques. Nous avons donc pu comparer la consistance des ovaires frais sur les pièces d'abattoir à celle du silicone plus ou moins dilué.

Nous avons ainsi pu déterminer que la consistance la plus proche du stroma est la dilution « K » (silicone dilué à 50 % v/v) ; celle qui rend le mieux compte des follicules est la dilution « N » (silicone dilué à 65 % v/v), et celle qui correspond aux corps jaunes est la dilution « I » (silicone dilué à 40 % v/v).

### c. Réalisation des moules d'ovaires et d'organites

Pour la réalisation des moules, nous avons choisi d'utiliser l'alginate, matériau d'origine naturelle, non toxique qui convient parfaitement aux moulages sur nature. Il donne une empreinte fidèle et extrêmement précise de l'objet à reproduire, tout en restant assez élastique pour retirer l'objet sans abîmer le moule.

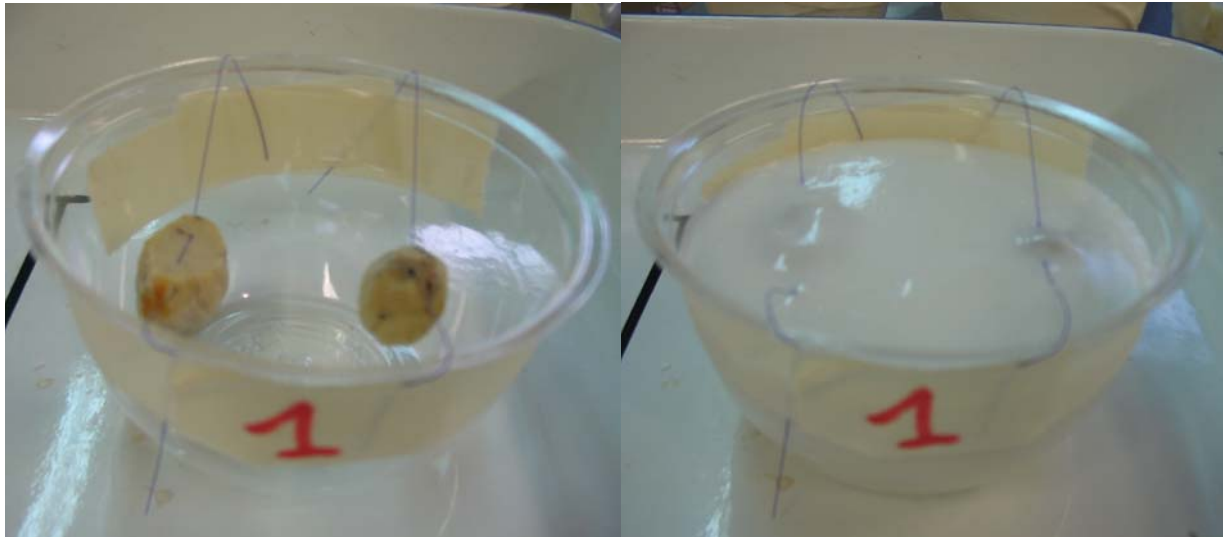
L'alginate Esprit Composite<sup>®</sup> est une poudre qui se dilue dans l'eau du robinet à raison d'un volume pour 2 volumes d'eau (annexe 2). Dans un premier temps, nous avons plongé les ovaires à reproduire entiers dans la pâte ainsi obtenue et versée dans des bols en plastique. Les ovaires ont été immergés jusqu'à quelques millimètres de la surface de la pâte et suspendus par du fil de suture fixé aux rebords des bols (photo 19). En une dizaine de minutes, l'alginate dilué a durci tout en permettant de retirer le spécimen moulé.

Photo 19 : Moulage d'un ovaire dans l'alginate



Dans un second temps, nous avons disséqué les organites « palpables » des spécimens moulés et nous les avons, à leur tour, moulés dans l'alginate (photo 20). De cette manière, nous avons obtenu d'un côté les moules des ovaires entiers et, de l'autre côté, les moules des organites intéressants de ces ovaires.

*Photo 20 : Moulage des organites disséqués sur un ovaire dans l'alginate*



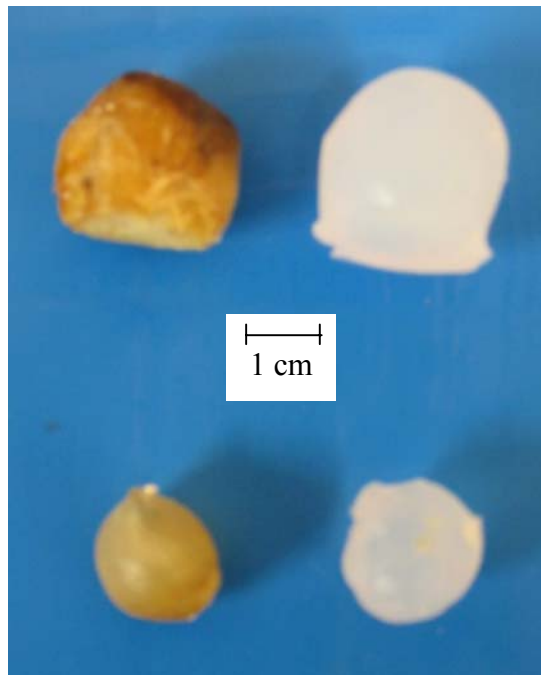
#### d. Reproduction des organites et du stroma ovarien

Pour reproduire les organites, nous avons coulé le silicone, dans les dilutions décrites plus haut, dans les moules correspondants (silicone dilué à 65 % pour les follicules – polymérisation en 7 heures environ –, à 40 % pour les corps jaunes – polymérisation en 5 heures environ – photo 21).

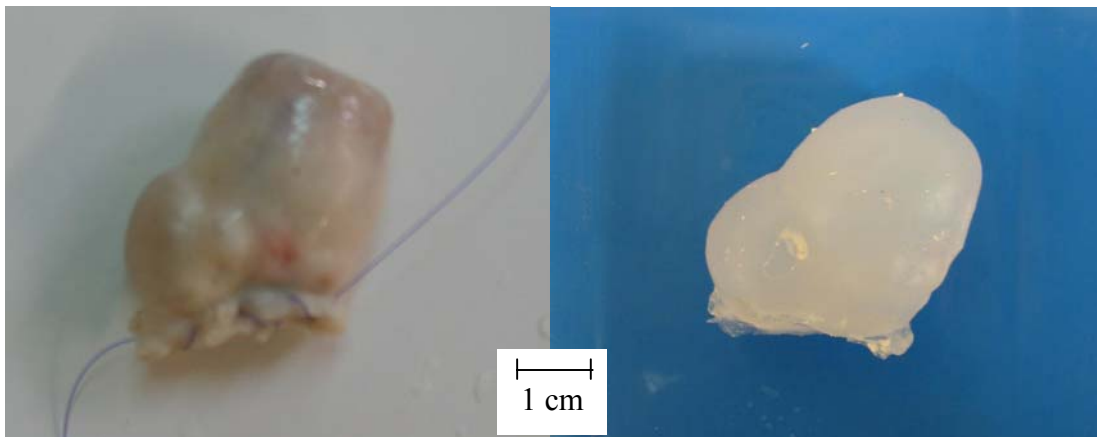
Ensuite, le stroma ovarien n'étant pas homogène in vivo, nous avons découpé des petites « billes », de différents diamètres (quelques millimètres à 1 cm), dans les pavés de silicone pur (pavés « A », polymérisation en 1 heure environ). En intégrant ces billes dans du silicone dilué à 50 % (polymérisation en 6 heures environ), nous avons reconstitué un « stroma » qu'il nous suffisait alors de couler dans les moules en alginate contenant les organites en silicone repositionnés.

Enfin, pour récupérer nos ovaires artificiels terminés (photo 22), nous avons détruit les moules en alginate.

*Photo 21 : Comparaison entre des organites disséqués et leur reproduction en silicone*



*Photo 22 : Comparaison entre un ovaire et sa reproduction en silicone*



### 3. Résultats

Sur les 50 ovaires sélectionnés au départ, nous avons pu recréer 40 ovaires artificiels entièrement, la méthode ayant échoué au moins en partie pour les 10 restants : moule trop fragile, surface du silicone altérée, bulles d'air...



✓ Corps jaunes :

Globalement, la consistance des corps jaunes, obtenue avec du silicone dilué à 40 %, est assez proche de la consistance hépatique que l'on peut trouver in vivo en milieu de cycle. L'alginat respectant particulièrement bien les reliefs des corps jaunes, on peut distinguer à la palpation, sur les ovaires artificiels, les papilles, voire même les cicatrices d'ovulation. Les différentes consistances utilisées permettent de mettre en évidence le sillon disjoncteur entre corps jaune et stroma ovarien. On retrouve donc les principales caractéristiques qui permettent de distinguer un corps jaune sur un ovaire par palpation transrectale.

✓ Follicules :

Le silicone dilué à 65 % donne l'impression, à la palpation des ovaires artificiels, que les follicules sont dépressibles, ce qui respecte relativement bien la sensation perçue in vivo. Cependant, même si le moule en alginat est conforme aux follicules reproduits, le silicone, par nature, ne donne jamais une texture lisse aux organites reconstitués. Or, l'identification de ces structures ovariennes par palpation transrectale passe notamment par cette perception d'une surface lisse et tendue. Les follicules en silicone ne respectent donc qu'en partie les caractéristiques des vrais organites.

✓ Stroma :

Le fait d'avoir mélangé au silicone dilué à 50 % des billes de silicone pur nous permet de retrouver, à la palpation des ovaires artificiels, la sensation d'un stroma hétérogène, causée in vivo par les petits follicules antraux et les corps blancs présents en grande quantité dans l'ovaire. La consistance est donc relativement bien respectée. Une fois de plus par contre, ce défaut étant inhérent au matériau, le silicone ne donne pas une texture lisse à nos pièces artificielles.

De manière plus générale, nous avons pu, au terme de notre essai, conserver les 40 ovaires entiers créés puisque la variabilité des structures ovariennes rencontrée in vivo nous laisse une marge de manœuvre importante. Par contre, le silicone est un matériau un peu trop élastique et sa réactivité lors de la palpation des ovaires artificiels est légèrement trop importante.

## 4. Discussion

### ✓ Récolte des ovaires :

Nous ne reviendrons pas sur l'intérêt d'avoir récolté les ovaires dans un abattoir à grosse capacité d'abattage. Dans notre première expérimentation, nous avons préféré sélectionner, pour la plastination, les situations ovariennes pathologiques rencontrées à l'abattoir (kystes, abcès, salpingite, ...). Nous disposions donc, pour les moulages, de 230 ovaires en situations physiologiques. Tous étant relativement intéressants, nous avons essayé de sélectionner les 50 ovaires les plus caractéristiques pour l'apprentissage des gestes de base de la palpation ovarienne : prise en main d'ovaires de taille moyenne, identification des structures ayant un intérêt clinique...

### ✓ Fixation :

Lorsque nous avons réalisé les premiers essais de moulage, nous avons, au départ, utilisé des ovaires frais. Mais, au stade de la prise d'empreinte dans l'alginate, ces ovaires flottaient et il était difficile d'obtenir un moule précis tout en maintenant les pièces immergées dans la pâte liquide. Les ovaires fixés dans du formaldéhyde, eux, sont légèrement plus lourds ce qui résout ce premier problème. D'autre part, la fixation permet de disséquer plus facilement les organites pour leur moulage. En effet, les structures liquidiennes qui sont au départ très fragiles, sont solidifiées par la prise en masse du formaldéhyde. Les corps jaunes, eux, s'individualisent facilement du reste du stroma, après fixation (ils sont quasiment « énucléables »).

### ✓ Essais de dilution du silicone et comparaison avec la consistance des ovaires frais :

Il faut avant tout savoir que l'huile silicone avec laquelle nous avons dilué le produit est préconisée, d'après la notice technique du fournisseur (annexe 1), non pas pour faire varier la consistance, mais pour limiter la formation de bulles d'air. Il est conseillé, à cette fin, d'ajouter jusqu'à 20 % d'huile spéciale au silicone. Nous avons détourné ce matériau de son but premier pour faire varier la consistance du silicone mais, au-delà de 70 % de dilution, la

polymérisation est difficile et le mélange restait fragile malgré plusieurs jours de « séchage ». Ainsi, nous avons créé des consistances différentes en augmentant la dilution de 5 % en 5 %, marge la plus faible qui nous semblait réalisable.

Selon les données techniques, le catalyseur, quant à lui, doit être mélangé au silicone à raison de 1 à 5 % du volume total. Nous l'avons toujours utilisé au maximum de ces recommandations pour une polymérisation la plus rapide possible (7 heures maximum pour la dilution maximale).

Pour objectiver les consistances appropriées à nos modèles, comme nous l'avons dit plus haut, nous avons comparé les différentes dilutions de silicone à la consistance d'ovaires frais. Ces ovaires étaient issus de pièces d'abattoir achetées par l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort à l'abattoir de Meaux, en Seine-et-Marne. En pratique, un jour par semaine, cet abattoir met de côté le nombre d'appareils génitaux de vaches commandé par l'Ecole. Ceux-ci sont rapatriés sous couvert du froid positif et arrivent donc en moyenne 6 à 7 heures après l'abattage des animaux. Même si nous récupérons les ovaires dès leur arrivée à l'Ecole, il est possible que leur consistance ait déjà été modifiée. Néanmoins, nous pensons que ces altérations sont négligeables dans notre essai (notamment grâce à l'expérience en palpation transrectale des personnes impliquées dans cette étude). Au vu des résultats obtenus, les dilutions choisies par cette méthode semblent relativement bien correspondre à la réalité.

#### ✓ Réalisation des moules d'ovaires et d'organites :

En ce qui concerne les matériaux, l'alginate, choisi pour la réalisation des moules, donne une empreinte parfaite des ovaires moulés. Dilué dans de l'eau du robinet à raison d'un volume d'alginate pour 2 volumes d'eau, comme indiqué dans les données techniques du fournisseur (annexe 2), ce matériau est facile à utiliser. Cependant, nous avons pu constater, pratiquement à chaque dilution, des grumeaux dans la pâte, d'où des moules parfois altérés par endroits avec des zones moins lisses. Ceci pourrait, en partie, expliquer le défaut de texture de la surface de nos ovaires artificiels. D'autre part, la mauvaise homogénéisation du mélange pourrait être à l'origine d'une moins bonne prise en masse de l'alginate donc de la fragilité des moules. Il aurait sans doute fallu utiliser de l'eau tiède sinon chaude pour obtenir une pâte plus homogène, lisser la surface des moules et les solidifier.

Ensuite, pour mouler les ovaires ou les organites, nous les avons immergés dans l'alginate en les suspendant avec du fil de suture. Cette technique permet d'abîmer au minimum les moules lors du retrait des spécimens reproduits. Néanmoins, il est nécessaire de manier les organes avec précaution lors de l'insertion des fils car les organes fixés dans le formaldéhyde sont plus fragiles. Le gros inconvénient de notre méthode est que l'une des faces des ovaires, celle située à la surface de l'alginate, n'est pas moulée puisqu'il nous faut retirer l'ovaire du moule. Nous nous sommes arrangés pour que cette face soit celle qui supportait le mésovarium in vivo et qui avait donc déjà été abîmée par la dissection à l'abattoir. Il aurait été intéressant d'essayer de concevoir le moule en 2 moitiés pour reproduire l'ovaire dans son ensemble, mais l'alginate paraît alors moins approprié car trop fragile. D'autres matériaux, comme les cires de moulage, par exemple, pourraient être testés.

✓ Reproduction des organites et du stroma ovarien :

Globalement, comme nous l'avons dit plus haut, la reproduction en silicone des organites et stroma ovarien donne de bons résultats de consistance par rapport aux ovaires frais. Le gros inconvénient de ce matériau est plutôt sa surface rêche, une fois polymérisé. Pour lisser le silicone, il est recommandé de le frotter à l'eau savonneuse avant polymérisation complète. Avec notre méthode, il est impossible de mettre en place cette technique puisque la surface à lisser est au contact du moule et que le silicone doit être polymérisé pour être démoulé (le démoulage implique la destruction de l'empreinte en alginate). L'utilisation d'un autre matériau pour les moules pourrait résoudre ce problème. Néanmoins, pour améliorer le rendu et remédier au défaut de texture des organes qui est l'aspect le plus délicat de notre travail, il est possible de les tremper dans l'huile silicone avant l'utilisation en travaux pratiques et de faire mettre aux étudiants des gants recouverts de lubrifiant.

Une autre difficulté du silicone est que les différents mélanges utilisés pour nos moulages, une fois polymérisés, n'adhèrent pas bien les uns avec les autres. Les organites intégrés dans le stroma artificiel restent légèrement mobiles ; l'ovaire reconstitué reste donc fragile. Nous avons, en partie, surmonté cet obstacle en prenant soin de tremper les corps jaunes et follicules en silicone, polymérisés, dans le silicone destiné au corps de l'ovaire, avant de les replacer dans leur position initiale dans les moules en alginate. Ils ne sont néanmoins pas complètement figés dans les ovaires artificiels et il est prévisible que les montages se fragilisent à force de manipulations. L'utilisation de « colle silicone » ou le recouvrement des ovaires par une

autre matière plus solide, et de texture lisse par exemple, pourrait pallier ce défaut. Il faudrait alors veiller à ne pas modifier la consistance finale des organes.

Pour conclure, là encore, les premiers essais de moulages d'ovaires de vache donnent des résultats enthousiasmants. Les spécimens moulés permettront aux étudiants de se rendre compte du type de sensations qu'ils devront percevoir à la palpation transrectale, en tous cas dans les conditions physiologiques.



# CONCLUSION

Nos travaux nous ont permis d'obtenir, d'une part, 80 ovaires de vache plastinés, dont 48 en coupe transversale, durs à la palpation, utiles pour montrer les aspects extérieur et intérieur de ces organes et de leurs organites, dans de multiples situations physiopathologiques. D'autre part, nous avons recréé 40 ovaires bovins en silicone qui respectent les consistances physiologiques perçues par le vétérinaire lors de la palpation transrectale. Ces deux types d'outils pédagogiques devraient être une aide intéressante pour l'apprentissage de la palpation transrectale de la vache en école vétérinaire, point délicat de l'enseignement de reproduction bovine.

Néanmoins, dans cette optique, il sera nécessaire d'évaluer objectivement l'intérêt pédagogique de ces modèles sur le terrain. Pour cela, il faudra, par exemple, proposer à une partie des étudiants novices dans ce domaine l'utilisation de nos ovaires artificiels avant la pratique de la palpation ovarienne in vivo. Il sera alors nécessaire d'objectiver la différence entre les performances des élèves ayant eu accès aux modèles et celles des purs néophytes.

Comme nous l'avons expliqué, au-delà des ovaires, c'est la palpation de tout l'appareil génital qui est difficile à enseigner et il nous paraît également indispensable de poursuivre cette démarche de modélisation sur l'utérus de la vache. Enfin, la jument, autre espèce pour laquelle les difficultés de mise en place d'un enseignement pratique de l'examen transrectal sont peut-être encore plus importantes, pourrait aussi faire l'objet d'une expérimentation similaire.

# BIBLIOGRAPHIE

1. ABBITT B, BALI L, KITTO GP, SITZMAN CG, WILGENBURG B, RAIM LW *et al.* Effect of three methods of palpation for pregnancy diagnosis per rectum on embryonic and fetal attrition in cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1978, **173**(8), 973-977.
2. ALAM MGS, DOBSON H. Effect of various veterinary procedures on plasma concentrations of cortisol, luteinising hormone and prostaglandin F<sub>2α</sub> metabolite in the cow. *Vet Rec.*, 1986, **118**, 7-10.
3. AMIRAT-BRIAND L., CHASTANT-MAILLARD S., GUERIN P., HAGEN-PICARD N., HANZEN C. (2007, 24 juin). Demande d'informations pour un travail de thèse : Questionnaire sur l'enseignement de la palpation transrectale en école ou faculté vétérinaire, [en-ligne]. amirat@vet-nantes.fr, schastant@vet-alfort.fr, p.guerin@vet-lyon.fr, n.hagen-picard@envt.fr, christian.hanzen@ulg.ac.be.
4. Animal Research Review Panel and NSW Department of Primary Industries Animal Welfare Branch. *Animal Ethics Infolink* [en-ligne], créée le 15 avril 2003 [<http://www.animaletics.org.au/reader/animals-teaching/arrp-teaching-artificial-insem-cattle.htm>], (consultée le 1 juin 2007).
5. BAILLIE S, CROSSAN A, REID S, BREWSTER S. Preliminary development and evaluation of a bovine rectal palpation simulator for training veterinary students. *Cattle Practice*, 2003, **11**(2), 101-106.
6. BAILLIE S, MELLOR DJ, BREWSTER SA, REID SWJ. Integrating a bovine rectal palpation simulator into an undergraduate veterinary curriculum. *J. Vet. Med. Educ.*, 2005, **32**(1), 79-85.
7. BARTOLOME JA, THATCHER WW, MELENDEZ P, RISCO CA, ARCHBALD LF. Strategies for the diagnosis and treatment of ovarian cysts in dairy cattle. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 2005, **227**(9), 1409-1414.
8. BEARDEN HJ, FUQUAY J. *Applied Animal Reproduction*. 2<sup>nd</sup> ed. Reston : Reston Publishing Company, 1984, 382p.

9. BODET M. *Conduite à tenir face à un cas de perforation rectale chez le cheval*. Thèse Méd. Vét., Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes, Nantes, 2006, n°89, 97p.
10. BONDURANT RH. Examination of the reproductive tract of the cow and heifer. In : MORROW DA. *Current therapy in theriogenology*. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia : W.B. Saunders Company, 1986, 95-101.
11. BREAZILE JE. Physiologic basis and consequences of distress in animals. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1987, **191**(10), 1212-1215.
12. DERIVAUX J. *Reproduction chez les animaux domestiques. Tome 2 : Le Mâle, Insémination artificielle*. Liège : Editions Derouaux, 1971, 175p.
13. DERIVAUX J., ECTORS F. *Physiopathologie de la gestation et obstétrique vétérinaire*. Maisons-Alfort : Editions du Point Vétérinaire, 1980, 273p.
14. FARIN PW, YOUNGQUIST RS, PARFET JR, GARVERICK HA. Diagnosis of luteal and follicular ovarian cysts by palpation per rectum and linear-array ultrasonography in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1992, **200**(8), 1085-1089.
15. GREENFIELD CL, JOHNSON AL, ARENDS MW, WROBLEWSKI AJ. Development of parenchymal abdominal organ models for use in teachnig veterinary soft tissue surgery. *Vet Surg.*, 1993, **22**(5), 357-362.
16. GREENFIELD CL, JOHNSON AL, SMITH CW, MARRETTA SM, FARMER JA, KLIPPERT L. Integrating alternative models into the existing surgical curriculum. *J. Vet. Med. Educ.*, 1994, **21**(1), 23-27.
17. GREENFIELD CL, JOHNSON AL, SCHAEFFER DJ, HUNGERFORD LL. Comparison of surgical skills of veterinary students trained using models or live animals. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1995, **206**(12), 1840-1845.
18. HANZEN CH, DRION PV, LOURTIE O, DEPIERREUX C, CHRISTIANS E. La mortalité embryonnaire : 1. Aspects cliniques et facteurs étiologiques dans l'espèce bovine. *Ann. Méd. Vét.*, 1999, **143**, 91-118
19. HANZEN CH, PIETERSE M, SCENCZI O, DROST M. Relative accuracy of the identification of ovarian structures in the cow by ultrasonography and palpation per rectum. *Vet. J.*, 2000, **159**(2), 161-170.

20. HOWELLS HMJ, DAVIES DAR, DOBSON H. Influence of the number of days spent training in an abattoir with access to live cows on the efficiency of do-it-yourself artificial insemination. *Vet Rec.*, 1999, **144**, 310-314.
21. Institut für Anatomie. *International Society for Plastination* [en-ligne], Mise à jour le 16 octobre 2006, [<http://meduni02.edis.at/plast/>], (consultée le 18 août 2007).
22. LAING JA, BRINLEY-MORGAN WJ, WAGNER WC. *Fertility and infertility in veterinary practice*. 4<sup>th</sup> ed. Londres : Baillière Tindall, 1988, 280p.
23. LOPES G, ROCHA A. Teaching bovine rectal palpation with live cows in the slaughterhouse : is it worthwhile? *Reprod. Dom. Anim.*, 2006, **41**, 510-513.
24. MACAULAY AS, ROUSSEL JD, SEYBT SH. Cortisol response in heifers to artificial insemination, natural mating, and no mating at estrus. *Theriogenology*, 1986, **26**(1), 117-123.
25. MEJZA B. *Contribution à l'étude des méthodes de conservation des pièces anatomiques*. Thèse Méd. Vét., Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes, Nantes, 2001, n°42, 88p.
26. MORMEDE P. Le stress : interaction animal-homme-environnement. *Cahiers agricultures*, 1995, **4**, 275-286.
27. NAKAO T, SATO T, MORIYOSHI M, KAWATA K. Plasma cortisol response in dairy cow to vaginoscopy, genital palpation per rectum and artificial insemination. *J. Vet. Med. A.*, 1994, **41**, 16-21.
28. NOAKES D. *Fertility and obstetrics in cattle*. London : Blackwell Science, 1986, 154p.
29. NOAKES DE, PARKINSON TJ, ENGLAND GCW. *Arthur's veterinary reproduction and obstetrics*. 8<sup>th</sup> ed. Edinburgh : Saunders, 2001, 868p.
30. RAVIER S. *Topographie laparoscopique des organes abdomino-pelviens de la vache*. Thèse Méd. Vét., Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes, Nantes, 2003, n°114, 170p.
31. ROBERTS SJ. *Veterinary obstetrics and genital diseases*. 2<sup>nd</sup> ed. New-York : SJ Roberts, 1971, 776p.

32. ROOT-KUSTRITZ MV, CHENOWETH PJ, TIBARY A. Efficacy of training in theriogenology as determined by a survey of veterinarians. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 2006, **229**(4), 514-521.
33. Schools Animal Care and Ethics Committee. *Animals in Schools : Animal Welfare Guidelines for teachers* [en-ligne], 2005, [<http://schools.nsw.edu.au/animalsinschools/resources/guidelines/index.htm>], (consultée le 1 juin 2007).
34. STOTT GH. What is animal stress and how is it measured?. *J. Anim. Sc.*, 1981, 52(1), 150-153.
35. TAINTURIER D. Technique de l'insémination. *Dépêche vét. (supplément technique)*, 1991, **19**, 21-25.
36. TURMEL A. Examen clinique de l'utérus chez la vache. In : Physiopathologie de l'utérus chez la vache. Journées d'information organisées par la Société Française de Buiatrie. Lyon, 16-17 Novembre 1978. Maisons-Alfort : Editions du Point Vétérinaire, 1978, 107-112.
37. VEISSIER I, SARIGNAC C, CAPDEVILLE J. Les méthodes d'appréciation du bien-être des animaux d'élevage. *INRA Prod. Anim.*, 1999, **12**(2), 113-121.
38. VEISSIER I, BOISSY A, CAPDEVILLE J, SARIGNAC C. Le bien-être des animaux d'élevage : comment peut-on le définir et l'évaluer ? *Point vét.*, 2000, **31**(205), 117-124.
39. VON HAGENS G. *Heidelberg plastination folder : collection of technical leaflets for plastination. 2<sup>nd</sup> ed.* Heidelberg : G. VON HAGENS Editeur, 1986.
40. WAIBLINGER S, MENKE C, KORFF J, BUCHER A. Previous handling and gentle interactions affect behaviour and heart rate of dairy cows during a veterinary procedure. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 2004, **85**, 31-42.
41. YANIZ J, SANTOLARIA P, LOPEZ-GATIUS F. Surface alterations in the bovine pelvic peritoneum following rectal examination of reproductive organs : a scanning electron microscopy study. *Anat. Histol. Embryol.*, 2002, **31**, 372-374.

# ANNEXES

## Annexe 1 :

### Notice technique du silicone RTV 6007 (Esprit Composite<sup>®</sup>, Paris, France)



04.06.04

## SILICONE RTV 6007

### DESCRIPTION

Silicone bi-composant réticulant par condensation à température ambiante. Le produit fini a de très bonnes propriétés mécaniques, une grande résistance aux attaques chimiques et une bonne dureté. Le produit se présente comme un fluide translucide.

### DOMAINE D'APPLICATION

Fabrication de moules pour la production des cires utilisées en fonderies artistiques. Fabrication de moules pour la coulée polyester, polyuréthane et les résines époxy. Fabrication de moules pour les rosaces, les stucs décoratifs et autres. Moulages pour les petits prototypes.

### MISE EN ŒUVRE

Le RTV 6007 est employé avec un agent à 5%. Afin qu'il n'ait aucune bulle d'air dans le mélange pouvant provoquer une imperfection du produit, il est demandé de le placer sous vide (736mm/hg). Pendant quelques minutes, le mélange augmentera de 4 fois son volume avant de revenir à sa densité d'origine, le cycle sera considéré comme fini.

### POLYMÉRISATION

Le processus débute dès l'addition d'un agent. Dans le cas d'une application normale le curling time est à consulter ci-dessous. Si le produit doit être mis en contact avec des produits agressifs tels que les résines, il est préférable d'attendre 48 heures de stabilisation avant tirage d'épreuves.

### STOCKAGE

12 mois à la date de fabrication > à 30°C dans son emballage d'origine, bien refermé après emploi. A maintenir hors gel.

### DONNÉES TECHNIQUES

Base	silicone bi-composant réticulant par condensation		
Couleur	translucide		
Viscosité	46000 +/- 3000 CPS		
Densité	1,08g/cm <sup>3</sup>		
Pot life	95 minutes		
Rapport de mélange	5% de catalyseur L5 W		
Dureté shore A	12 +/- 2 shore A		
Allongement à la rupture	900 +/- 100%		
Résistance au déchirement	26 +/- 3kg/cm <sup>2</sup>		
Résistance à la traction	26 +/- 3kg/cm <sup>2</sup>		
Démoulage	24 heures		

### ACCÉLÉRATION AU MÉLANGE

Dans certains cas il est possible d'accélérer le temps du mélange du RTV 6007, en utilisant un catalyseur spécifique L5W, mélange avec un agent accélérateur catalyseur W. Préparer une solution avec les deux produits en utilisant à 5%, comme le ratio initial. Exemple :

catalyseur L5W	95 parts	catalyseur L5W	97,5 parts
catalyseur W	5 parts	catalyseur W	2,5 parts
Pot life	55 mn	Pot life	70 mn

Il est bien sûr possible de changer les temps de fabrication des moules en modifiant les pourcentages des catalyseurs comme l'exemple ci-dessus tout en gardant en mémoire que l'agent catalyseur W utilisé pur à 3% possède un pot life de 45 secondes et un curing time de 3 minutes.

### APPLICATION VERTICALE

Le RTV 6007 peut être utilisé dans la fabrication de moules sur des surfaces verticales. Ainsi il est possible d'ajouter un produit à la base catalysée. Ce 3<sup>ème</sup> produit est l'agent thixo. Il transforme le mélange en silicone thixotrope. Ce produit est applicable au pinceau ou à la spatule. L'agent thixo est utilisé ainsi :

RTV 6007 100 parts      Catalyseur L5W 5 parts      Agent thixo 3 parts

Le pot life et la dureté restent le même.

### PRÉCAUTION D'EMPLOI

Les catalyseurs contiennent du sel d'étain. En cas de contact avec la peau, rincer avec de l'eau et du savon. Contact avec les yeux, les passer sous l'eau pendant 15 minutes et consulter un médecin. Ne pas inhaler de façon prolongée.

### CONDITIONNEMENT

1kg - 5kg - 26kg

## Annexe 2 :

### Notice technique de l'alginate (Esprit Composite<sup>®</sup>, Paris, France)



17.08.01

## ALGINATE

L'alginate est le matériau de moulage utilisé pour mener à bien en toute sécurité les projets de moulage. Ce matériau d'origine naturelle est non toxique et convient parfaitement au moulage sur nature.

#### • CARACTÉRISTIQUE

L'alginate est une poudre fine de couleur blanche qui se mélange à de l'eau pour former une pâte, au bout de quelques minutes, 10 minutes à 20°C, la pâte se solidifie pour conserver une empreinte fidèle et extrêmement précise de l'objet à mouler.

#### • MODE D'EMPLOI

1 volume de poudre pour 1 à 2 volumes d'eau afin d'adapter la fluidité selon le projet.

- Verser l'eau froide sur la poudre.
- Mélanger vigoureusement pendant 1 minute afin d'obtenir une pâte homogène.
- Utiliser le produit immédiatement avant sa prise.
- Après 10 à 20 minutes, l'objet peut être retiré du moule.
- Utiliser l'empreinte rapidement pour éviter qu'elle ne sèche.

#### • PRÉCAUTIONS D'EMPLOI

Produit naturel biodégradable, non toxique. Aucun risque physiologique.

#### • CONDITIONNEMENT

500g - 1kg - 10 kg

Livre M-P collection n°1

# **Aide à l'apprentissage de la palpation transrectale chez la vache : création d'une banque d'ovaires artificiels**

NOM et Prénom : BOURCET Maryline

## RESUME :

La palpation transrectale de l'appareil génital femelle est un acte de première importance en médecine bovine. Pourtant, son enseignement en Ecole Vétérinaire est très difficile, d'abord pour des raisons techniques évidentes et, ensuite, parce que les questions de bien-être animal remettent aujourd'hui en cause tout acte, même basique, pratiqué hors contexte pathologique. L'objectif de cette thèse était donc de créer une banque d'ovaires artificiels de vache, comme aide à l'apprentissage de l'examen transrectal de l'appareil génital dans cette espèce.

Deux types de techniques nous ont permis de mettre au point nos modèles : la plastination, technique de conservation des tissus organiques, et le moulage en silicone. Nous avons ainsi obtenu, d'une part, 80 ovaires plastinés (dont 48 en coupe transversale) de consistance dure et dans diverses situations physiopathologiques, destinés à montrer aux étudiants les aspects intérieur et extérieur de ces organes internes donc méconnus. D'autre part, 40 reproductions d'ovaires en silicone, de consistances similaires à celles des ovaires in vivo, offriront aux élèves une première approche de la palpation des ovaires bovins dans leurs principales configurations physiologiques.

Mots-clés : PALPATION TRANSRECTALE, OVAIRE, PLASTINATION, MOULAGE, SILICONE, ENSEIGNEMENT, BOVIN, VACHE

## JURY :

Président : Pr.

Directeur : Dr CHASTANT-MAILLARD

Assesseur : Dr CHATEAU

## Adresse de l'auteur :

Mlle Maryline BOURCET

7 rue de l'école 57070 MEY



# **Tool for the teaching of rectal palpation in cows : creation of an artificial ovary bank**

SURNAME : BOURCET

Given name : Maryline

## SUMMARY :

Rectal palpation of the female reproductive tract is considered a highly important procedure in bovine medicine. However, its teaching in Veterinary Schools is very difficult, first of all for obvious technical reasons, secondly because the issue of the animal's welfare has questioned every act, even basic, not aimed at treating the animal. Therefore, the purpose of this thesis was the set up of an artificial cow ovary bank to provide help in the training of rectal examination in this species.

Two types of experimentation enabled us to finalize our models : plastination - a preserving technique of organic tissues - and silicone castings. On the one hand, we created 80 plastinated ovaries (among which 48 in cross-section) of hard consistency and in various physiopathological situations, in order to show students the inside and outside aspects of these internal and thus little-known organs. On the other hand, 40 silicone ovary reproductions of consistencies similar to in vivo ovaries will offer students a first approach of the palpation of bovine ovaries in their major physiological stages.

Keywords : RECTAL PALPATION, OVARIE, PLASTINATION, CASTING, SILICONE, EDUCATION, BOVINE, COW

## JURY :

President : Pr.

Director : Dr. CHASTANT-MAILLARD

Assessor : Dr. CHATEAU

## Author's address :

Mss Maryline BOURCET

7 rue de l'école 57070 MEY

BOURCET M.

Aide à l'apprentissage de la palpation transrectale chez la vache : création d'une banque d'ovaires artificiels

2007