

1. Rappels anatomiques histologiques et physiologiques

1.1. Conformation anatomique générale

La glande mammaire (ou pis) de la vache est lourde et volumineuse. Son poids peut chez la vache adulte être supérieur à 50 kg. Chez une pluripare, la dimension du pis peut constituer un indicateur relatif du niveau de production laitière.

Chaque quartier est composé d'un corps et d'un trayon (ou papille), s'ouvrant sur un unique orifice papillaire par lequel s'écoule le lait.

Les trayons surnuméraires sont assez fréquents, souvent rudimentaires et plutôt caudaux aux trayons principaux chez la vache.

Chez la chèvre, le pis est composé de deux mamelles. Il est plutôt allongé et pendulaire, avec des trayons volumineux et coniques, pointant vers l'avant.

Deux trayons surnuméraires, bien plus petits, sont généralement présents devant la base du pis. Le pis de la brebis comporte lui aussi deux mamelles, séparées par un sillon intermammaire profond. Les trayons sont courts, latéraux et pointent vers l'arrière. Les trayons surnuméraires sont rares.

1.2.1. Anatomie de la mamelle

La glande mammaire comporte 4 quartiers indépendants les uns des autres.

- Ils sont en effet séparés par un ligament médian de fixation et par des ligaments latéraux (profonds et superficiels) de support qui les attachent à la paroi abdominale et au bassin.
- Les quartiers avant et arrière sont séparés par une fine membrane conjonctive.
- L'appareil suspenseur du pis est composé de plusieurs lames : deux latérales et deux médiales. Les lames médiales, par leur accollement, forment le ligament suspenseur du pis. Celui-ci sépare distinctement les quartiers droits et gauches. Les quartiers crâniaux et caudaux, en revanche, ne sont pas séparés.
- Le ligament suspenseur du pis est élastique, très puissant, et s'attache sur la ligne blanche, le tendon prépubien et la symphyse ischio-pubienne. Quand le pis est rempli de lait, il devient lourd et exerce une traction importante sur le ligament suspenseur.
- Les lames latérales viennent s'insérer sur la tunique jaune de l'abdomen. Des quatre lames principales partent 7 à 10 lamelles de suspension, pénétrant dans le corps de la mamelle et séparant le parenchyme glandulaire en lobes.

Ces séparations font que la qualité et la quantité de lait varie d'un quartier à l'autre mais aussi que les bactéries ne peuvent passer d'un quartier à l'autre.

A l'inverse, un antibiotique infusé dans un quartier sera résorbé par le sang et disséminé dans tout l'organisme dont les autres quartiers.

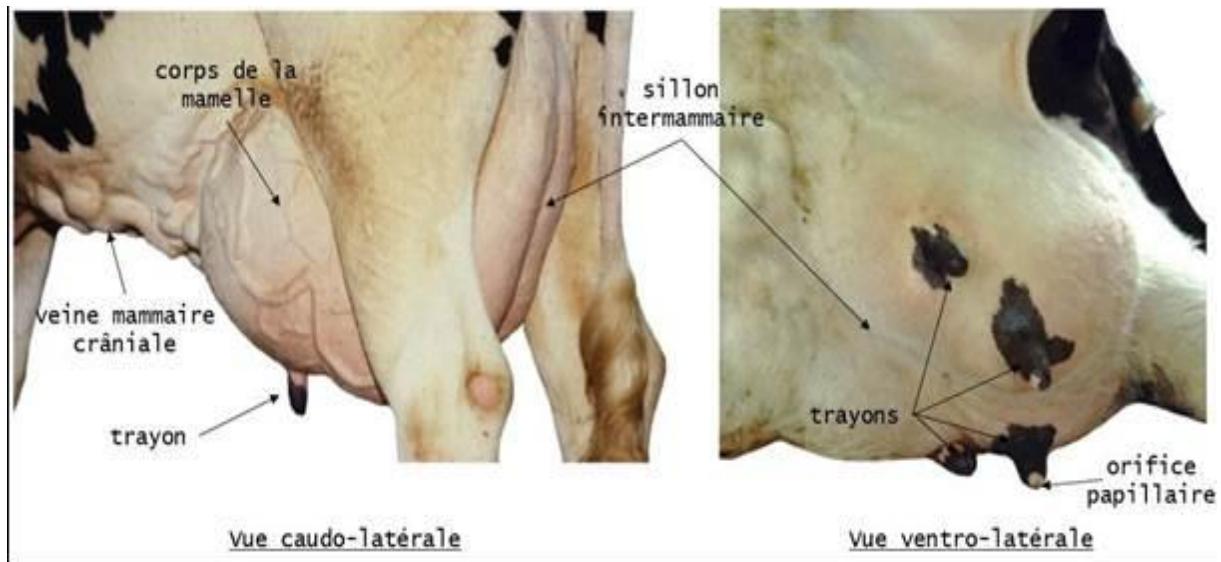


Figure. 1. La mamelle

Une faiblesse du ligament médian peut rendre la traite plus difficile et rendre le pis plus sensible aux blessures et aux infections. La rupture des ligaments suspenseurs n'est pas sans conséquence sur le risque de mammites.

Elle peut résulter de l'âge (le tissu élastique du ligament médian surtout se relâche avec l'âge), d'un œdème excessif ou d'une mauvaise conformation (effet de la sélection).

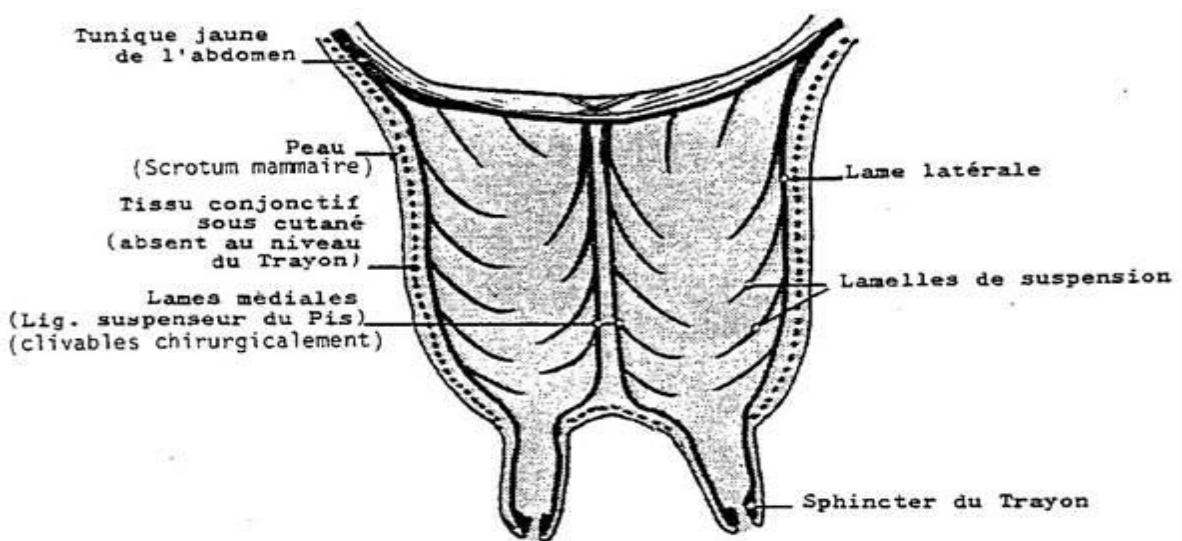


Figure. 2. Les ligaments de la mamelle

1.2.2. Conformation de la mamelle

Chaque quartier comporte une glande mammaire et des conduits lactifères menant à un unique sinus (ou citerne) lactifère, décomposé en partie glandulaire (dans le corps) et une partie papillaire (dans le trayon).

La jonction entre citerne glandulaire et citerne papillaire est constituée d'un relief annulaire et d'un plexus veineux proximal appelé cercle veineux de Fürstenberg. La citerne papillaire est vaste, délimitée par un tégument jaunâtre, élastique et musculeux. Elle communique avec l'extérieur par un conduit

papillaire court (0,8-1,0 cm) s'ouvrant sur l'orifice papillaire.

* CONFORMATION INTÉRIEURE

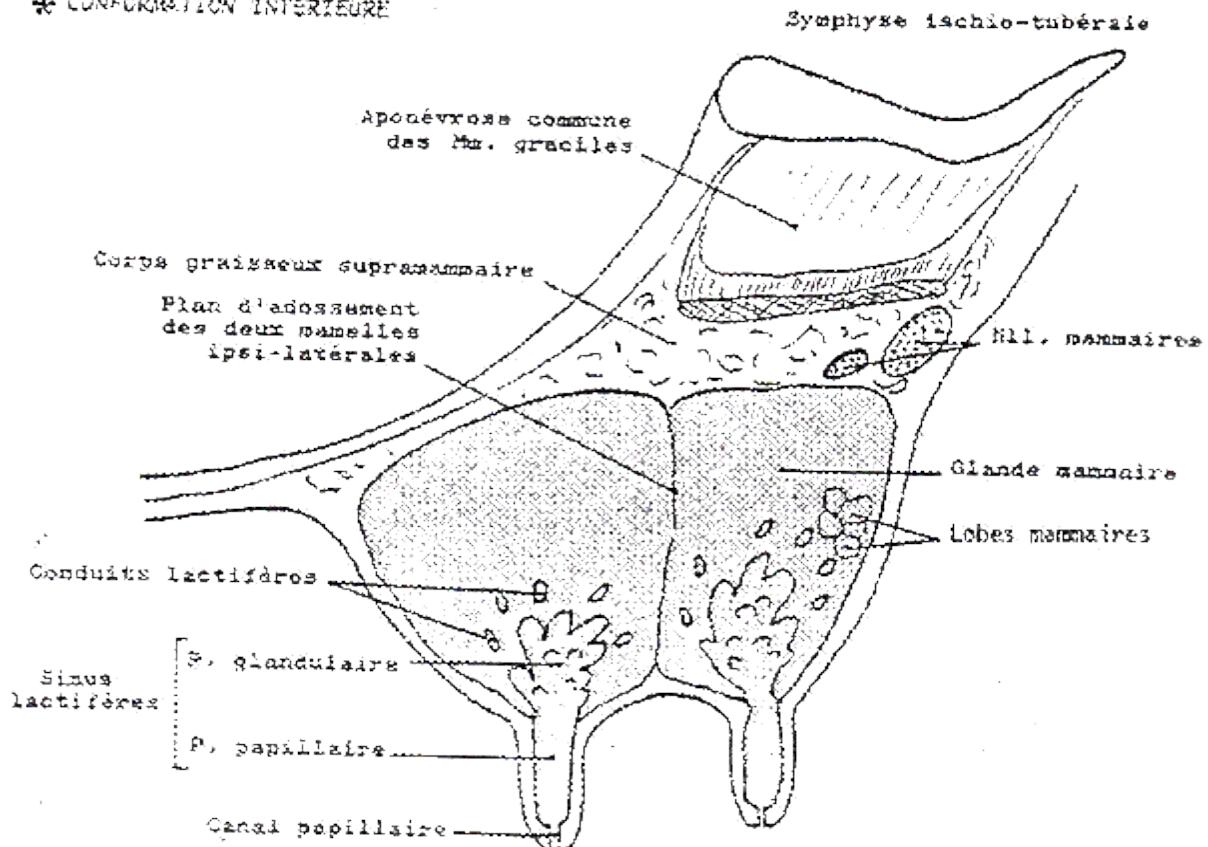


Figure. 3. La conformation de la mamelle

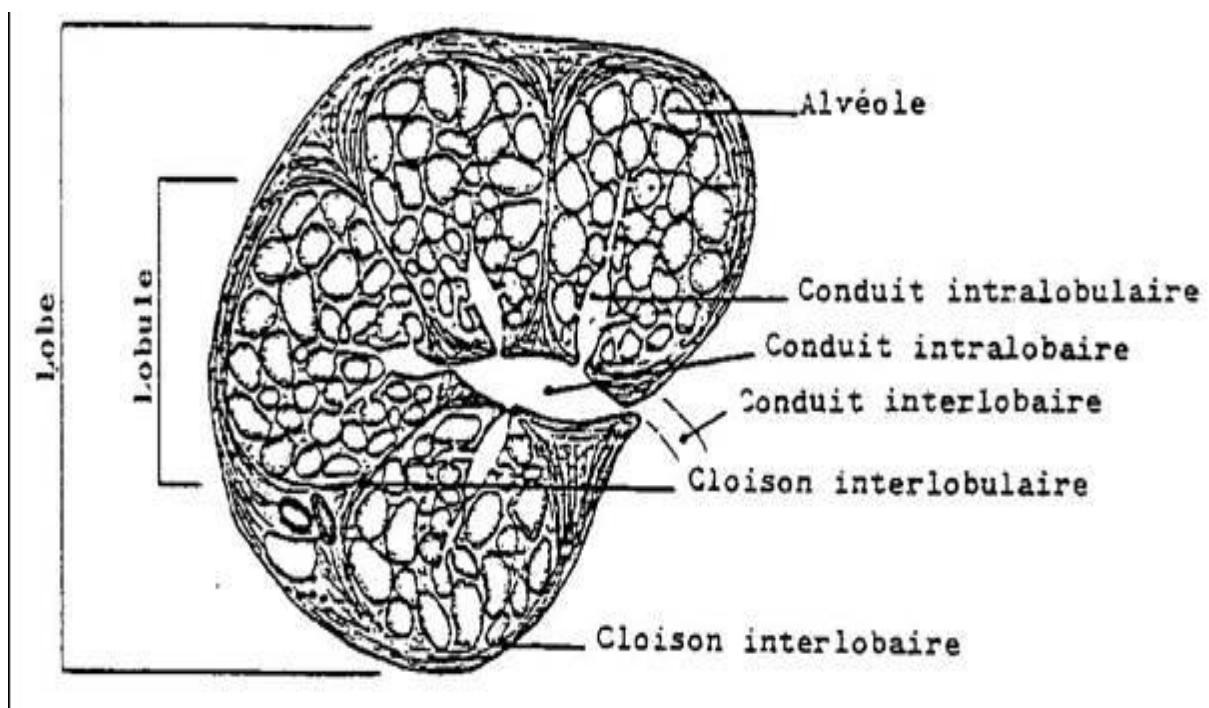


Figure. 4. Structure lobulaire de la glande mammaire

1.2.2.1. Conformation du trayon

Le conduit papillaire est plissé longitudinalement et présente à son extrémité proximale une couronne de plis : la rosette de Fürstenberg.

Il est recouvert d'un épithélium pluristratifié qui joue un rôle autonettoyant et anti-infectieux. L'orifice papillaire est entouré de fibres musculaires formant le sphincter papillaire, important dans la régularité du jet de lait et empêchant les infections ascendantes lorsqu'il est fermé.

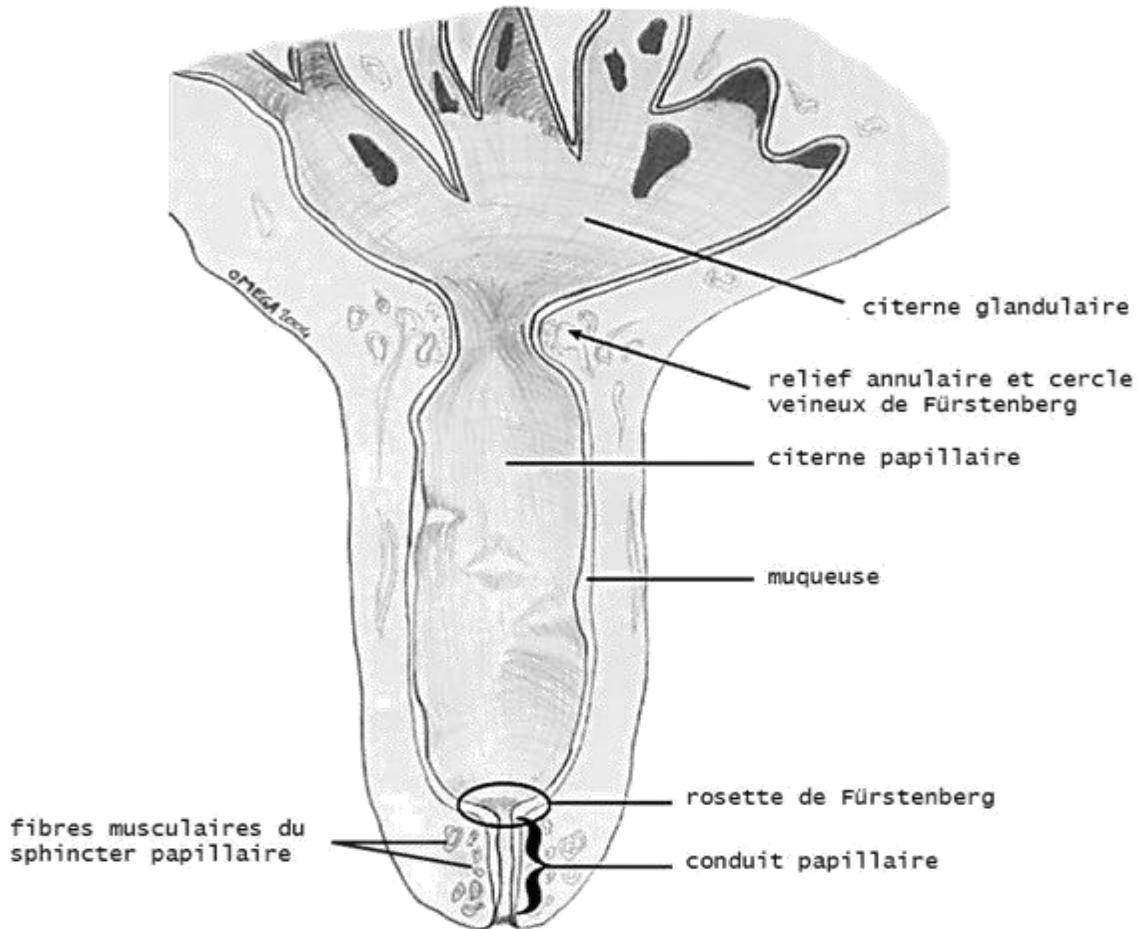


Figure. 5. Structure du trayon

1.2.3. Irrigation de la mamelle

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

1.2.3.1. Irrigation artérielle de la mamelle

L'irrigation artérielle se fait principalement par l'artère honteuse externe, qui provient de tronc pudendo-épigastrique, lui-même provenant de l'artère fémorale profonde.

L'artère honteuse externe se divise en trois branches : les artères mammaires crâniale (qui se termine par l'artère épigastrique caudale superficielle), caudale et moyenne. Ces trois branches sont elles-mêmes très ramifiées, jusqu'aux trayons irrigués par leurs propres artères papillaires.

Chacune de ces artères se divise en plusieurs rameaux pouvant développer entre eux des anastomoses ipsilatérales.

* IRRIGATION ARTERIELLE

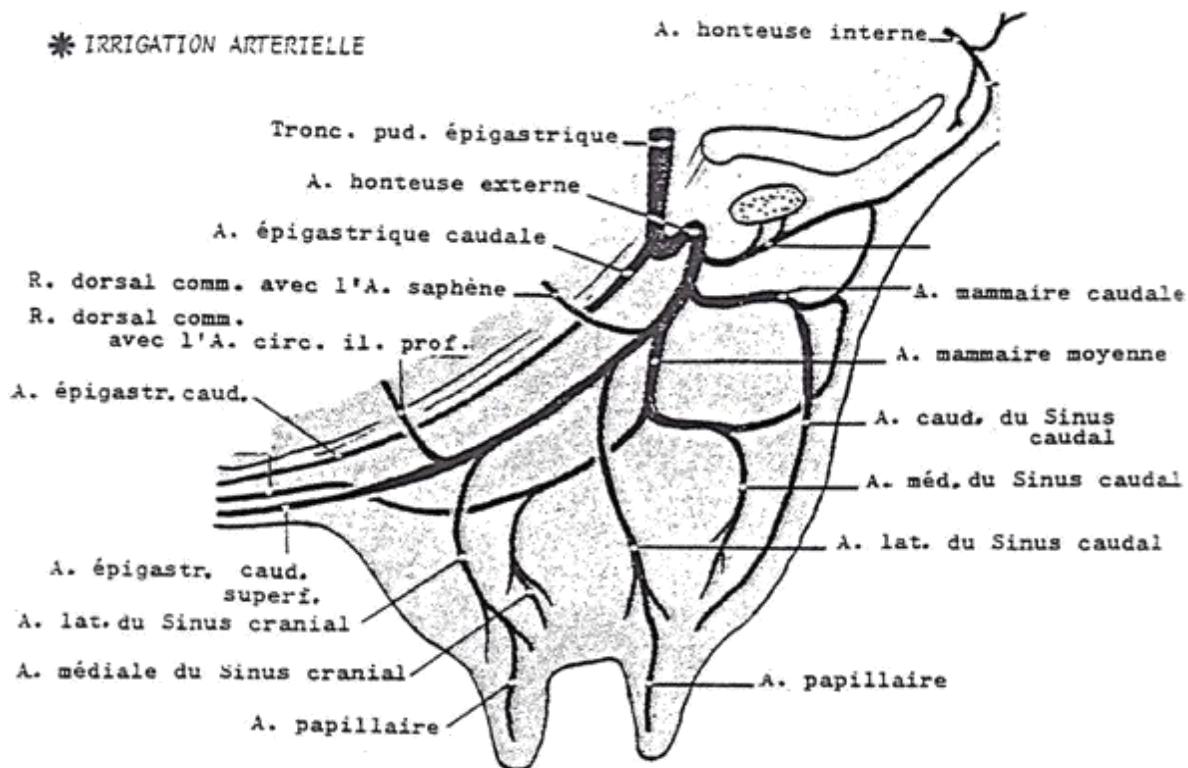


Figure. 6. Irrigation artérielle de la mamelle

1.2.3.2. Irrigation veineuse

Le système veineux comporte trois étages le premier constitué des veines des trayons, le second des veines du parenchyme et le troisième de la base du pis.

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

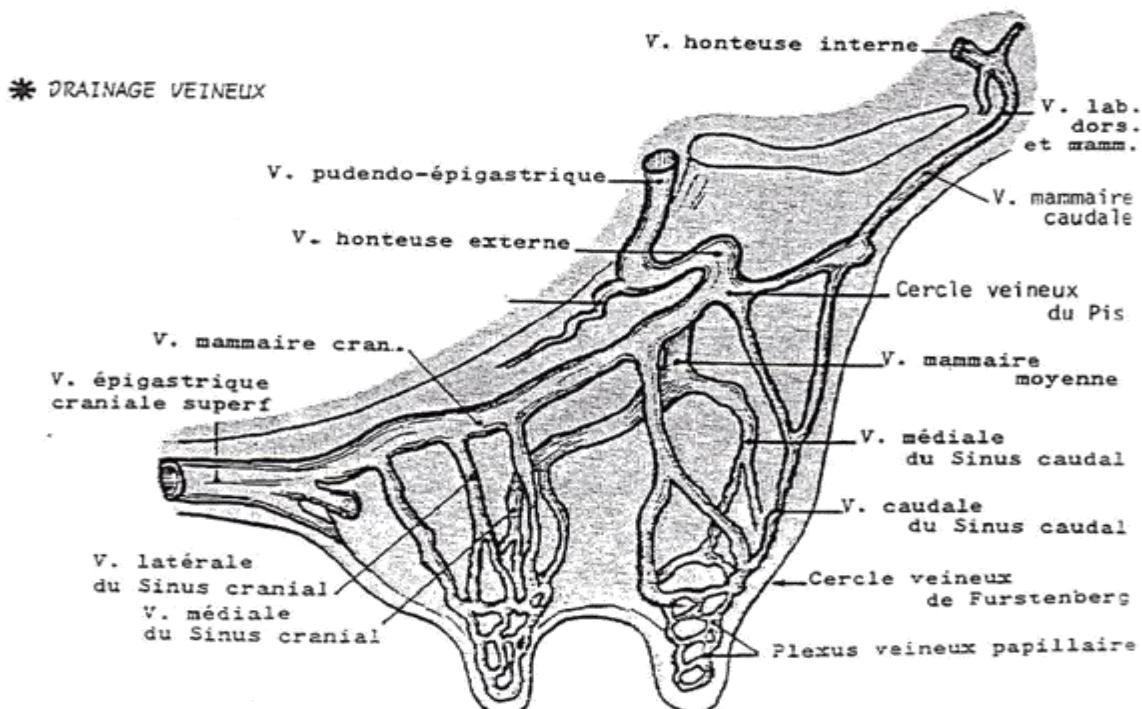


Figure. 7. Irrigation veineuse de la mamelle

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

Au niveau du trayon, on distingue à son extrémité un plexus annulaire distal situé à l'extérieur du sphincter. Les veines qui en partent aboutissent à un second plexus annulaire situé à la base du trayon (réseau veineux de Fürstenberg).

Ces veines papillaires et les veines du parenchyme sont drainées par trois veines volumineuses l'une crâniale, l'autre moyenne et la dernière caudale.

La veine moyenne est la veine honteuse externe. La veine crâniale est aussi appelée veine sous-cutanée abdominale. Son diamètre peut parfois atteindre 3 à 4 cm (fontaine de lait). La veine caudale constitue la racine de la veine honteuse interne.

1.2.4. Les ganglions lymphatiques

Les ganglions lymphatiques retro-mammaires sont situés à la base du pis sous la peau. Leur longueur est de 6 à 10 cm et leur largeur de 2 à 4 cm. Ces ganglions drainent également la vulve, le clitoris et une partie de la cuisse.

1.2.5. Innervation

Les nerfs proviennent des rameaux ventraux des 4 premières paires de nerfs lombaires (nerf 1 ou nerf ilio-hypogastrique ; nerf 2 ou nerf ilio-inguinal ; nerf 3 ou nerf génito-fémoral qui reçoit une branche du 4^{ème} nerf lombaire pour former le nerf inguinal ou nerf mammaire avant de s'engager dans l'anneau inguinal et se diviser ensuite en un nerf crânial et en un nerf caudal.

La face caudale de la peau de la mamelle est innervée par une branche du nerf honteux interne. La mamelle de la vache présente parfois des anomalies. La polythélie consiste en la présence de 4 trayons surnuméraires et la polymastie en la présence de quartiers supplémentaires. À l'inverse, il peut se faire qu'un quartier soit absent (oligomastie).

1.3. Systèmes alvéolaire et canaliculaire (galactophore)

1.3.1. Le système alvéolaire

Le lait est sécrété dans des vésicules de 100 à 300 microns appelées alvéoles ou acini. Organisées en grappes, elles sont entourées d'un tissu conjonctif et adipeux très vascularisé appelé stroma.

Ils s'ouvrent sur des arborisations canaliculaires : les canaux galactophores qui drainent le lait de son lieu de sécrétion vers la citerne du pis et le trayon.

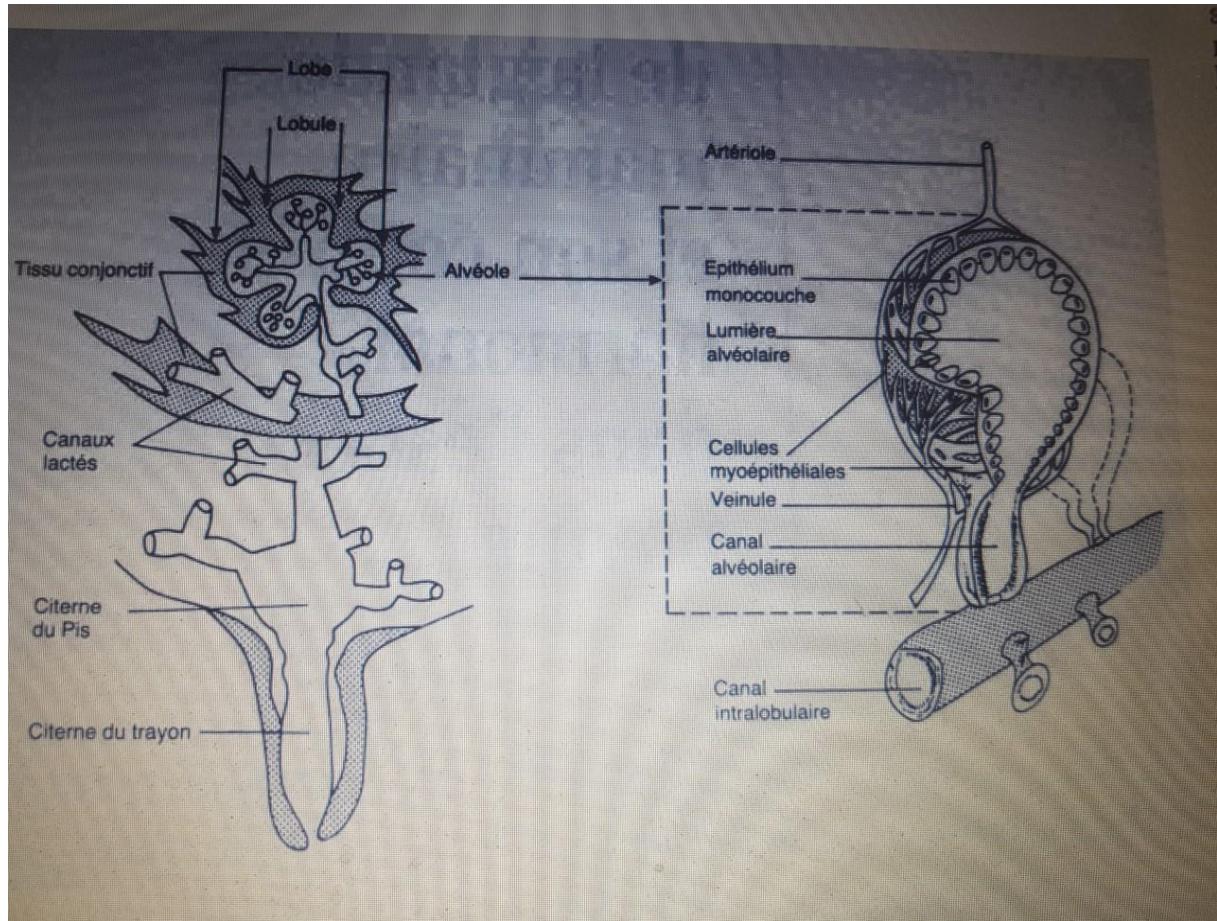


Figure. 8. Le système alvéolaire

1.3.1.1. Structure des alvéoles

L'alvéole est entouré extérieurement par une trame de cellules myo-épithéliales et intérieurement par une couche de cellules cuboïdales :

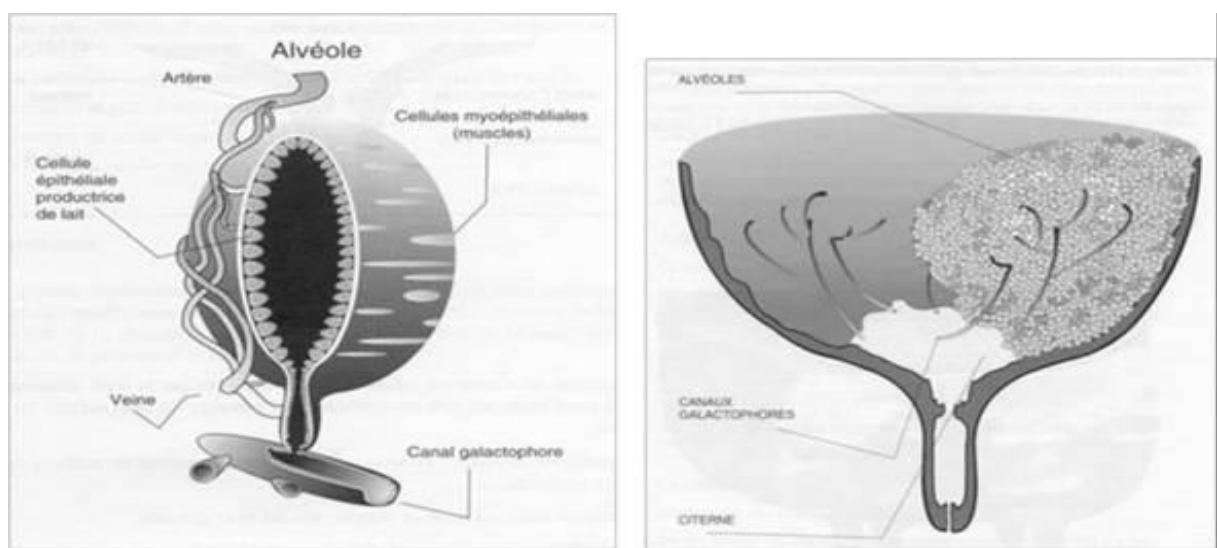


Figure. 9. Structure des alvéoles

- **Les lactocytes:** Ceux-ci sont fixés sur une membrane basale au travers de laquelle s'effectuent les échanges nutritifs et hormonaux, chaque alvéole étant entourée d'un système artério-veineux (un litre de lait suppose le passage de 500 litres de sang).

Chaque lactocyte synthétise journallement son équivalent en poids de protéines, lactose minéraux et lipides.

La capacité de production laitière d'un animal dépend du nombre de lactocytes mais également de sa capacité de synthèse et de sécrétion. Ces propriétés variant selon les individus et pour un individu selon son stade de lactation, les changements les plus importants étant enregistrés au cours du tarissement.

C'est parmi d'autres facteurs, la compression par le lait des cellules épithéliales et des alvéoles qui est responsable de la diminution de la sécrétion du lait. L'augmentation de la fréquence des traites est susceptible d'augmenter de 15 % la production de lait.

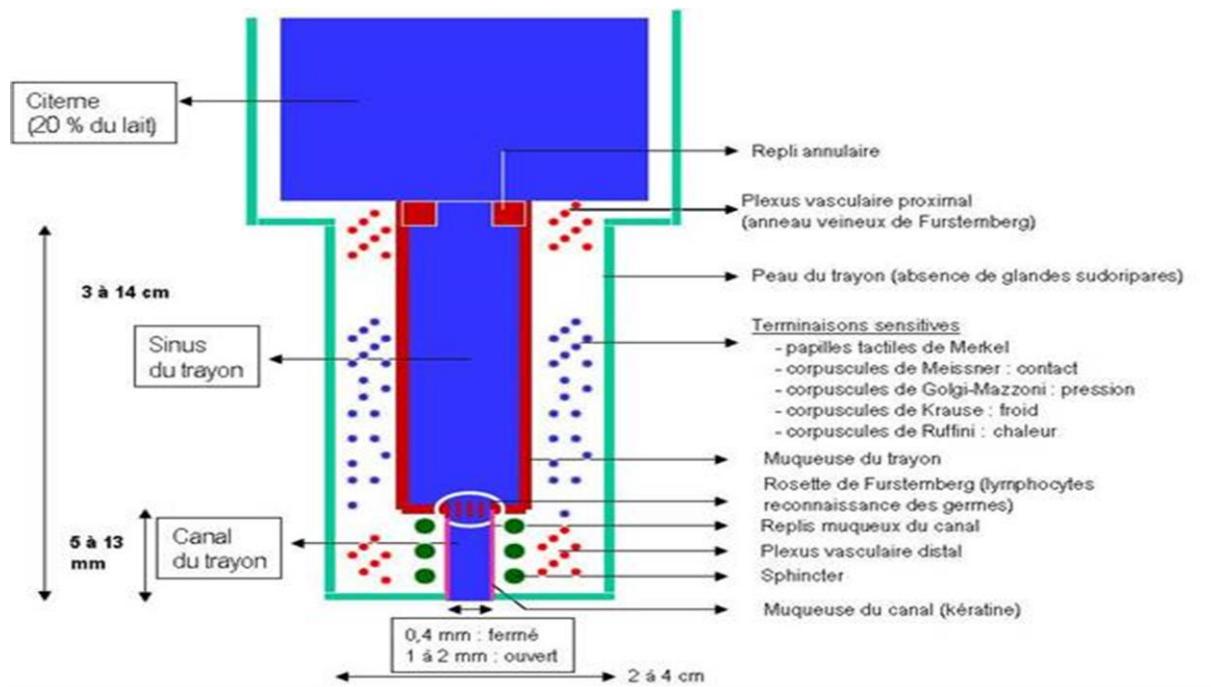


Figure. 10. Structure détaillée du trayon

1.3.1.2. Le système galactophore

Le **système galactophore** se compose des canaux galactophores, de la citerne, du sinus du trayon et du canal du trayon.

Chaque quartier comprend à sa base une citerne qui renferme un litre de lait environ. Au moment de la traite, 60 % du lait se trouve dans les alvéoles, 20 % dans les canaux et 20 % dans la citerne.

- **Le trayon**

Le trayon a une longueur comprise entre 3 et 14 cm et son diamètre varie entre 2 et 4 cm. La longueur du trayon augmente de la 1^{ère} à la 3^{ème} lactation puis demeure constante. Sa forme est conique ou plus normalement cylindrique. Cette conformation peut cependant être différente selon les individus et les races.

La citerne du pis est séparé du sinus du trayon par un repli annulaire renfermant un tissu érectile veineux (plexus veineux proximal ou anneau veineux de Furstemberg). Ce dernier peut surtout en fin de traite constituer un obstacle au passage du lait.

La paroi du trayon est épaisse et renferme de nombreux vaisseaux et terminaisons nerveuses sensitives ou corpuscules. Elle est dépourvue de glandes sudoripares. Ce fait particulier laisse supposer l'importance du recours éventuel au trempage au moyen de crèmes émollientes. 40 % environ des vaches présentent à la naissance des trayons surnuméraires, habituellement localisés au niveau des quartiers postérieurs.

Ils sont le plus souvent non fonctionnels mais peuvent être infectés. Ils seront sectionnés ou cauterisés à la naissance. Leur persistance peut rendre l'animal moins commercialisable, le risque de

mammite (mammite d'été) s'en trouve augmenté et leur proximité avec un trayon normal rend la traite plus difficile.

Le trayon subit en cours de traite et au cours des 20 à 30 minutes suivantes des changements importants de longueur mais surtout de diamètre de son canal. A l'extrémité inférieure du trayon se trouve le canal du trayon. Sa longueur est comprise entre 5 à 13 mm (9 mm en moyenne). Ouvert, son diamètre est de 1 à 2 mm. le diamètre du canal du trayon est plus grand dans sa partie proximale (0.8 mm) que dans sa partie distale (0.4 mm).

Il constitue de ce fait un élément de résistance important. Les fibres musculaires lisses associées aux fibres élastiques et à celles de collagène se condensent à l'apex du trayon en un sphincter assurant normalement l'occlusion du canal. Ce sphincter est entouré du plexus veineux distal. La muqueuse du canal est tapissée d'un épiderme kératinisé semblable à celui de la peau. Cette muqueuse s'épanouit dans le sinus en 5 à 6 replis qui forment une collerette qui constitue une sorte d'anneau tissulaire renfermant des lymphocytes :

La Rosette de Furstenberg. Celle-ci est impliquée dans les premières étapes de la réponse immunitaire (reconnaissance des germes). Une lésion de l'extrémité du trayon est un facteur de risque de pénétration et multiplication accrue des germes, de traite plus douloureuse, d'augmentation du temps de traite et de perte de lait entre les traites.

La kératine qui tapisse la muqueuse du canal du trayon exerce une activité bactéricide via différentes substances aux quelles elle sert de support de fixation (acide laurique, acide oléique, défensines, xanthine-oxydase). Elle se renouvelle en permanence, un tiers environ étant éliminé par les deux traites journalières. Elle permet également de « piéger » les bactéries. Ceci explique pourquoi les premiers jets de lait sont plus contaminés. Le flux de lait à chaque traite empêche les bactéries de se fixer sur les muqueuses et favorise leur élimination du quartier.

Divers résultats expérimentaux ont montré une aggravation des phénomènes inflammatoires et infectieux avec les rétentions de lait survenant en cours de lactation en cas de sous-traite (machine mal réglée, mauvaise stimulation de l'animal, mauvaise ambiance de traite) ou au cours d'un tarissement progressif. Une mauvaise élimination de la kératine (comme par exemple en cas de traite trop « douce ») favorise les infections mammaires.

2. Formation de la glande mammaire

2.1. La mammogenèse

Lors de la période embryonnaire, les crêtes mammaires d'origine épidermique se fractionnent en corps mammaires primitifs dont la régression se fait en nombre variable selon les espèces. La prolifération des corps mammaires primitifs entraîne la formation de bourgeons épidermiques qui après ramification se creusent en tubules et acini se réunissant au niveau du mamelon par des canaux collecteurs. Il convient de préciser que le dimorphisme sexuel est contrôlé par les androgènes.

De la naissance à la période prépubertaire les changements observés sont minimes

Lors de la période prépubertaire, le développement des conduits mammaires (système canaliculaire), faible et limité à la base du téton chez la chatte et la lapine, est par contre plus important chez les ruminants, la souris et le rat.

Au moment de la puberté, cette phase de multiplication s'accélère et son importance est fonction du type de cycle sexuel et du développement corporel acquis. Quatre phases peuvent être distinguées :

Isométrique jusque la période prépubertaire, allométrique pendant la période prépubertaire, isométrique à nouveau à partir de la puberté et une nouvelle fois allométrique pendant la gestation. De la naissance

jusqu'à l'âge de trois mois, la mamelle des ruminants domestiques a une croissance isométrique c'est-à-dire qu'elle croît au même rythme que le reste du corps.

Cette croissance devient allométrique (elle se développe plus rapidement que le reste du corps entre 3 et 9 mois sous l'effet des premiers pics d'œstrogènes).

De nombreuses études ont confirmé que la production laitière au cours de la première lactation est plus faible si les génisses ont eu une croissance supérieure à 600-700 g /jour pendant la période allométrique, conséquence vraisemblable d'une croissance réduite du parenchyme mammaire (le poids de la glande peut être réduit de 40 % et la proportion de tissu sécrétoire diminué de 68 % si des génisses sont nourries pour faire un GQM de 1100 g vs 750. Cet effet négatif ne survient pas si la croissance rapide est limitée à la période post-pubertaire.

Lors d'un état gestatif, le développement acquis lors des cycles précédents va se poursuivre : les systèmes canaliculaire et surtout alvéolaire se multiplient. Cette multiplication débute près de la citerne c'est-à-dire à la base du trayon et se poursuit vers la périphérie. Cette multiplication se traduit par la formation de boutons alvéolaires à partir des extrémités des canalicules. Par la suite ces boutons alvéolaires se différencient en alvéoles.

En général, le parenchyme mammaire termine sa croissance pendant les deux derniers tiers de la gestation. La différenciation en cellules sécrétoires commencée en fin de gestation, se poursuit pendant les premiers temps de la lactation et au cours des lactations ultérieures ce qui explique en partie l'augmentation des productions laitières jusqu'à environ la 5^{ème} lactation. Dans l'espèce bovine, la capacité de synthèse de colostrum est acquise 4 à 5 semaines avant le vêlage.

La mammogenèse aboutit donc à la formation de deux systèmes au niveau de chacun des 4 quartiers constituant la glande mammaire ou pis. l'un glandulaire (les acinis) et l'autre canaliculaire assurant l'excration du lait synthétisé au travers des canaux galactophores, de la citerne, du sinus du trayon et du canal du trayon.

Chaque quartier comprend une citerne qui renferme un litre de lait environ. Au moment de la traite, 60 % du lait se trouve dans les alvéoles, 20 % dans les canaux et 20 % dans la citerne. La lactation.

Dans les espèces dont le cycle sexuel est court (rat, souris, ruminants) la prolifération mammaire se limite au système canaliculaire. Les espèces à cycle long présentent par contre un développement lobulo-alvéolaire semblable à celui induit par un état de gestation.

2.2. Lactogenèse et galactopoïèse

La lactation comprend l'ensemble des phénomènes physiologiques qui président à l'élaboration puis à l'excration des constituants du lait. Certains facteurs sont lactogéniques : ils interviennent dans le déclenchement de la lactation. D'autres, de nature hormonale ou alimentaire, sont galactopoïétiques : ils peuvent augmenter ou entretenir une production laitière déjà en place.

La cellule mammaire présente une morphologie classique à savoir le noyau (lieu de synthèse des acides ribo- (ARN) et désoxyribonucléiques (ADN), le cytoplasme (siège des réactions enzymatiques), les mitochondries (« génératrice » de l'énergie cellulaire), l'appareil de Golgi et le réticulum endoplasmique transformant les éléments constitutifs (acides aminés, acides gras) en produits finis (protéines, lactose, triglycérides).

Lors de son entrée en fonction, la cellule mammaire va subir différentes modifications : hypertrophie du réticulum endoplasmique et de l'appareil de Golgi, augmentation du nombre de gouttelettes graisseuses cytoplasmiques et de microvillosités apicales, augmentation du nombre de mitochondries cellulaires, apparition le lendemain du vêlage d'une bipolarité cellulaire (zone apicale comprenant l'appareil de Golgi et une zone basale avec un réticulum endoplasmique hypertrophié et le noyau). Lors de la phase excrétrice, les gouttelettes lipidiques qui se trouvent au pôle apical de la cellule fusionnent. La cellule mammaire a,

à ce moment, une forme pyramidale. Elle s'effrite et le matériel lipidique s'échappe dans la lumière alvéolaire.

2.3. Adaptations nutritionnelles à la lactation

Une vache dépourvue d'aptitudes laitières particulières produit une quantité de lait habituellement suffisante pour nourrir son veau. La sélection génétique a permis non seulement d'augmenter le niveau de production laitière mais également d'en modifier la composition.

Certaines vaches produisent ainsi au pic de lactation plus de 40 kgs de lait par jour soit 2g de lactose, 1,360 kg de lipides et 1,3 kg de protéines soit l'équivalent de 30.000 kcal par jour. La capacité métabolique de l'animal constitue dans ces conditions le principal facteur limitant à une telle production. Cette capacité présente de grandes variations au cours de la lactation. Celle-ci présente cinq phases.

Phase 1 : 10 à 12 semaines postpartum. La production de lait augmente rapidement mais sa teneur en lipides diminue entre la 1^{ère} et la 6^{ème} semaine. De même, la consommation alimentaire réduite avant le vêlage augmente rapidement mais de manière décalée par rapport aux besoins. Il en résulte que l'animal doit puiser dans ses réserves pour compenser une perte de poids qui peut atteindre 70 à 80 kgs. Sur le plan alimentaire cette phase est délicate car l'animal passe d'un régime riche en fibres et pauvre en énergie à un régime très riche en énergie en début de lactation. Ces besoins en énergie sont ainsi multipliés par un facteur de 4 à 5 et ses besoins protéiques par un facteur de 5 à 6.

Phase 2 : semaines 12 à 24. Pendant cette phase, l'ingestion de matière sèche est maximale et la vache ne présente plus une balance énergétique négative.

Phase 3 semaine 24 jusque la fin de la lactation. La production de lait diminue. La vache retrouve progressivement son poids initial et est capable d'assurer les besoins correspondant au développement foetal.

Phase 4 : période sèche. La lactation est arrêtée aussi, les apports sont surtout constitués de fourrages grossiers que l'animal mange d'autant moins que le remplissage des réservoirs gastriques se trouve compromis par le développement du fœtus.

Phase 5 ou phase de transition : 15 derniers jours de gestation. La vache doit s'adapter au nouveau régime de début de lactation.

L'augmentation de la production laitière au cours des premières semaines du postpartum implique celle du rendement énergétique des substrats et l'accroissement de l'ingestion. Le génotype ne semble pas influencer l'efficacité de l'utilisation énergétique des aliments. Aussi l'amélioration du rendement énergétique implique-t-elle l'augmentation de l'ingestion, celle de l'absorption par la muqueuse digestive mais aussi une orientation préférentielle des métabolites vers le tissu mammaire (homéorhèse).

La capacité d'ingestion peut constituer chez la vache haute productrice un facteur limitant à la production laitière, surtout si la teneur énergétique de la ration est insuffisante. Ainsi, au moment du pic de lactation, une vache Holstein de 600 kg produisant 45 litres de lait doit ingérer 20 kg de matière sèche soit 40 kg d'une ration à 50% de MS pour couvrir la demande énergétique. A cela s'ajoute 120 à 140 litres d'eau soit une ingestion horaire de 7 kg de nourriture et d'eau.

La capacité d'ingestion dépend essentiellement du volume du rumen et de la vitesse de renouvellement du contenu ruménal (turnover du rumen). Le volume du rumen diminue pendant la période de tarissement suite au développement de l'utérus gestant.

La diminution des besoins liée à l'arrêt de la lactation va induire une diminution de l'appétit et ainsi contribuer à la réduction du volume du rumen. La vitesse de renouvellement du contenu ruménal est, elle, dépendante de la vitesse de digestion de la ration ingérée par la flore du rumen.

Cette vitesse de digestion ne sera optimale que si la flore du rumen est parfaitement adaptée à la ration ingérée. Or il faut près de trois semaines à la flore du rumen pour s'adapter à une nouvelle ration. Le principe de base des rations de tarissement est donc d'offrir une ration peu énergétique mais volumineuse (fourrages grossiers) durant la première partie du tarissement afin de maintenir le volume du rumen et l'appétit de la vache tarie ; et d'ensuite lui fournir durant les dernières semaines du tarissement une ration de transition composée des mêmes aliments que la ration de lactation afin que la flore du rumen puisse s'y adapter progressivement. On maintient de cette manière une capacité d'ingestion la plus élevée possible pour les vaches en début lactation sujette à un déficit énergétique.

La muqueuse du rumen est tapissée de papilles destinées à augmenter la surface de contact avec le contenu ruménal et donc à accroître l'absorption des métabolites résultant de la digestion microbienne. Leur développement est conditionné par le contenu chimique des produits de la digestion (acides gras volatils AGV) et non pas par la texture de la ration. En fin de gestation, la consommation de fourrages peu fermentescibles s'accompagne d'une diminution de la production d'AGV.

Il en résulte une involution papillaire. Il faut 4 à 6 semaines pour que ces papilles retrouvent leur pleine activité. De la même manière que pour l'activité de la flore du rumen, la distribution avant le vêlage d'une ration de transition plus fermentescible est une mesure préventive recommandable pour assurer une reprise aussi précoce que possible d'une activité optimale des papilles.

L'homéorhèse consiste en une orientation préférentielle des métabolites vers la glande mammaire aux dépens des autres tissus ou organes. Elle résulte essentiellement de modifications cardio-vasculaires. Ainsi le débit sanguin transitant par la glande mammaire passe de 300 à 600 ml /min. Semblables augmentations sont également observées au niveau du tube digestif et du foie. Ces modifications résulteraient de l'action combinée de l'insuline, de l'hormone de croissance et de la prolactine

Le foie est largement impliqué dans le métabolisme de la vache laitière en début de lactation. En effet, il doit assurer une néoglucogenèse. Par ailleurs, compte tenu d'une balance énergétique négative, la vache libère des acides gras non estérifiés (lipolyse) dont une partie se combinera à l'oxalo-acétate (cycle de Krebs et production d'ATP).

Or chez les vaches hautes productrices, la quantité d'oxaloacétate disponible est limitée compte tenu de l'insuffisance de glucose. Aussi, l'oxalo-acétate est transformé en corps cétoniques qui réduisent la consommation alimentaire et la lipolyse. L'autre partie des AGNE est transformée en triglycérides par le foie qui est ce faisant soumis à une surcharge graisseuse.

3. L'éjection du lait ou let-down

3.1. Mécanisme physiologique

La succion par le jeune ou par la machine à traire ne semble pas suffisante pour extraire le lait alvéolaire car des phénomènes de tension superficielle retiennent le lait dans les petits canalicules dont le diamètre n'excède pas quelques microns. En fait le lait est expulsé activement hors des acinus grâce à un réflexe neuroendocrinien.

L'influx nerveux induit au niveau des terminaisons sensitives de la mamelle par les stimulations du nouveau-né ou par les interventions mécaniques ou manuelles de la traite gagne les noyaux supra-optiques et paraventriculaires du complexe hypothalamo-hypophysaire par les nerfs mammaires et la moelle épinière. Il provoque une décharge d'ocytocine qui par la voie sanguine va provoquer la contraction des

cellules myo-épithéliales entourant les acinis : ceux-ci s'aplatissent et le lait est expulsé. On comprend ainsi le rôle essentiel joué par l'innervation mammaire.

Les nerfs mammaires sont composés de fibres sensitives appartenant au système cérébrospinal et de fibres motrices sympathiques. L'emplacement des mamelles étant fort variable selon les espèces, il est difficile de présenter une origine commune à chacune d'entre elles.

Ainsi chez la vache, l'innervation de la mamelle est assurée par une branche ventrale du premier et second nerf lombaire, une branche ventrale et dorsale du nerf inguinal qui se divise en nerf inguinal antérieur et postérieur et par le nerf périnéal trouvant son origine dans les différentes branches du nerf honteux. Les parois du trayon sont également richement innervées. Mais les avis divergent quant à la nature des terminaisons sensorielles (mécanorécepteurs, thermorécepteurs).

Libération de l'ocytocine

La libération pulsatile de l'ocytocine est rapide : 1 minute. Son mécanisme est complexe et encore imparfaitement décrit. On sait néanmoins qu'elle est stimulée par l'acétylcholine. Dans les noyaux supra-optiques et paraventriculaires, des relais adrénériques participent à la décharge d'ocytocine. Les récepteurs alpha ont un effet de stimulation tandis que les récepteurs bêta ont un effet inhibiteur. Les effets inhibiteurs des récepteurs bêta peuvent également être périphériques :

Ils entraînent une diminution des réponses des cellules myo-épithéliales à l'ocytocine. A l'inverse cependant, ils peuvent faciliter l'évacuation du lait par la relaxation de la musculature lisse des canaux galactophores et du trayon alors que les alpha-mimétiques seront à l'origine d'une vasoconstriction freinant l'arrivée de l'ocytocine sur les cellules myo-épithéliales.

Conséquences pratiques

En une traite, la vache libère environ un tiers de l'ocytocine présente dans l'hypophyse ce qui correspondrait à l'injection de 0,5 à 1 UI. La demi-vie particulièrement courte de l'ocytocine (2 minutes chez la chèvre et 4 minutes chez la vache) et sa libération maximale dans la minute suivant un massage de 30 secondes des trayons imposent à l'éleveur de brancher rapidement les manchons trayeurs s'il veut profiter de l'effet bénéfique mais fugace de cette hormone. Il semble bien que plus que la quantité d'ocytocine libérée, ce soit le délai de sa libération qui est important.

D'une manière générale, il apparaît que la quantité de lait recueillie à la machine à traire soit de plus en plus faible au fur et à mesure que le délai entre la préparation de la mamelle et la pose des gobelets augmente. L'effet de la température de l'eau de massage est controversé, des thermorécepteurs n'ayant pas été formellement identifiés. Par contre, la durée du massage n'est pas sans importance, une durée de 20 à 30 secondes est considérée comme optimale, une durée de 5 secondes étant considérée comme inefficace.

Il devrait idéalement être adapté au stade de lactation, la libération d'ocytocine diminuant au cours du temps. La suppression du massage entraîne selon les auteurs une perte de production comprise entre 0 et 9 %. Il ne peut cependant être envisagé que si les mamelles sont propres. Il entraîne dans ce cas une augmentation de 30 à 60 secondes du temps d'écoulement du lait car à ce moment c'est la machine à traire qui est responsable de la libération d'ocytocine. D'autres stimuli ou réflexes conditionnés (rassemblement des vaches dans la salle d'attente, l'entrée en salle de traite, la distribution d'aliments concentrés) sont susceptibles d'entraîner une perte de lait (milk leakage). Ils traduirait une action du système parasympathique induisant un relâchement des fibres musculaires du sphincter. L'ocytocine ne serait donc pas le médiateur de cet effet.

4. La lactation

Commencée pendant la gestation, la mise en place de la lactation se termine quelques jours avant la mise bas. La mamelle devient fonctionnelle lors de la 1^{ère} tétée.

4.1. Evolution de la mamelle

On distingue 5 étapes :

- La mammogenèse : entre 2 lactations, les acini disparaissent. Tout le système est reconstitué autour des canaux galactophores existants.
- La lactogenèse : sécrétion du 1^{er} lait ou colostrum / le lactocyte
- La sécrétion lactée : la mamelle devient fonctionnelle et produit en continu. Elle se vide et se remplit successivement au rythme des tétées ou traites.
- L'éjection du lait : momentanée et répétitive
- Le tarissement : fin de la lactation

4.1.1. Le lactocyte

Un acinus est une ampoule tapissée de lactocytes et enveloppée par un filet de vaisseaux sanguins, de nerfs et de fibres musculaires.

On distingue 3 phénomènes différents et indépendants : élaboration, excréition et éjection

A. Elaboration du lait

La sécrétion du lait est continue et indépendante de la traite.

L'excrétion du lait est continue 24/24.

B. Excrétion du lait

L'excrétion déroule en 3 phases :

- *Phase de sécrétion* : le lactocyte gonfle et se charge de lait.
- *Phase d'excrétion* : la partie apicale se détache et libère une goutte de lait.
- *Phase de réparation* : à partir de la partie basale, le lactocyte reprend sa forme initiale avant de recommencer la synthèse du lait.

C. Ejection du lait

- L'éjection du lait est momentanée, brève et indépendante de la sécrétion. Pourtant, chaque traite ou tétée stimule et prolonge la sécrétion de prolactine.

Elle est sous contrôle de l'ocytocine et des fibres musculaires des acini.

Le contrôle neuro-hormonal

Lors de la mise bas, on assiste à une inversion de l'équilibre hormonal : la progestérone qui bloquait le cycle s'efface au profit des œstrogènes.

Cet inversement va avoir des conséquences sur la lactation.

- **En fin de gestation**

- Le placenta et le corps jaune produisent la progestérone qui favorise le développement des acini la progestérone prépare les cellules de l'hypophyse à la sécrétion de prolactine, mais le placenta sécrète aussi un peu d'œstrogènes qui bloque l'action de la prolactine les œstrogènes développent aussi les canaux mammaires.
- La HPL (hormone placentaire lactogène) qui développe les lactocytes mais la progestérone bloque la sécrétion et l'activité des lactocytes.

Avant la mise bas, tout est donc en place pour la lactation (canaux, acini, lactocytes, hypophyse) mais la progestérone et les œstrogènes bloquent le cycle et empêchent la sécrétion de lait avant la mise bas.

- **Juste avant la fin de la mise-bas**

- On assiste à l'inversion des équilibres : la progestérone chute brutalement. Les œstrogènes réduisent le corps jaune et favorisent la connexion des acini.
- Le taux de HPL augmente et de plus en plus de lactocytes sont créés sans progestérone, les lactocytes élaborent le colostrum : c'est la montée laiteuse mais les œstrogènes bloquent toujours la sécrétion de prolactine, la mamelle se gonfle car les lactocytes se remplissent de colostrum sans le libérer dans les acini.

La production d'ocytocine (mycontractant) provoque les contractions utérines et la mise-bas.

- **Après la mise-bas**

Le fœtus et le placenta sont éjectés et il n'y a plus de sécrétion d'œstrogènes dans l'organisme.

- La chute des œstrogènes libère la sécrétion de prolactine.
- La prolactine provoque la sécrétion du lait par les lactocytes : la lactation s'installe.

La prolactine est produite en continue par l'hypophyse : la lactation s'installe et persiste par stimulation nerveuse (traite ou tétée), la production d'ocytocine contracte les acini et libère le lait : c'est l'éjection.

Remarque 1 : HPL ou prolactine ? Ce sont 2 hormones qui favorisent la sécrétion du lait mais :

- l'action de la HPL est éphémère et lance la lactation : c'est le colostrum
- la prolactine maintient la lactation : c'est pour le lait.

Remarque 2 : Légère baisse de la lactation au moment des chaleurs ?

à chaque retour en chaleurs, le taux d'œstrogènes augmentent avec le mûrissement du follicule. Ils freinent l'activité de prolactine : les lactocytes sont moins stimulés et la quantité de lait produite baisse légèrement puis reprend après l'ovulation.

L'éjection est un réflexe neuroendocrinien : régie par les hormones et par les influx nerveux. La prolactine est produite en continue. Elle est responsable de la sécrétion (fabrication) du lait par les lactocytes.

L'ocytocine contracte les muscles des acini et éjecte le lait lors de la traite ou de la tétée. Son action est momentanée.

Les stimuli nerveux (massage, lavage, tétée) et les stimuli conditionnels liés aux habitudes (vue de l'éleveur, bruit de la machine à traire, goût du concentré, heure) stimulent l'hypothalamus ...

... qui va provoquer la production d'ocytocine par l'hypophyse. Véhiculée par le sang, l'ocytocine met 30 à 60 secondes pour arriver à l'acinus.

L'ocytocine est détectée par les fibres musculaires de l'acinus. Par contraction, le lait contenu dans la lumière de l'acinus est versé dans les canaux mammaires vers le canal galactophore et le trayon. Le lait est éjecté. L'action de l'ocytocine est de 2 à 5 mn. Mais ce processus peut être contrarié par des stimuli négatifs : insuffisance des stimuli habituels (massage, lavage, changement de concentré) ou perturbation des habitudes (étranger, peur, bruits, émotions). Ces stimuli provoquent la sécrétion immédiate d'adrénaline (sécrétée par la mamelle et les capsules surrénales), l'adrénaline est un vasoconstricteur et un myorelaxant : elle réduit le diamètre des vaisseaux (freine l'arrivée de l'ocytocine à la mamelle) et relâche les muscles des acini. Elle stoppe l'éjection du lait en relâchant les muscles rapidement, l'ocytocine n'arrive plus aux fibres musculaires de l'acinus qui se relâchent : le lait n'est plus éjecté.

Références bibliographiques

Physio-anatomie et propédeutique de la glande mammaire. Symptomatologie, étiologie et thérapeutiques. Approches individuelles et de troupeau des mammites, Prof. Ch. Hanzen. Année 2015-2016.

Bac Pro MP 51.A / CGEA Chap 2. Physiologie de reproduction et lactation.doc.

Leroux et al. 2013. La fonction de lactation : régulation de la biosynthèse des constituants du lait. INRA Prod. Anim., 2013, 26 (2), 117-128.

