

## LE SORT DE LA CASÉINE DANS LA RÉTENTION LACTÉE (1)

par

Ch. PORCHER et

E. MUFFET

*Docteur ès-Sciences physiques*

*Docteur Vétérinaire*

Le processus de la rétention lactée qui a été plus particulièrement étudié par l'un de nous (2) joue dans de nombreuses circonstances.

On dit qu'il y a rétention lactée lorsque le lait, après sa sécrétion, s'étant collecté dans les sinus, les conduits galactophores, gros et petits, et sans nul doute aussi, dans les acini, n'est pas évacué par la traite ou la succion.

La marche normale du produit sécrété est évidemment centrifuge, le lait déversé d'abord dans les acini poussant devant lui celui qui avait été élaboré précédemment, vers les conduits galactophores et les sinus. Tant qu'il y a de la place pour loger le produit de la sécrétion, celle-ci ne sera pas entravée, mais la gêne commencera à se faire sentir lorsque la glande se tendra par l'accumulation à son intérieur du lait élaboré. La sécrétion se ralentira d'abord, pour s'arrêter ensuite, le lait non évacué lui faisant obstacle.

Le lait qui n'est pas expulsé au dehors est devenu un corps étranger pour l'économie qui doit s'en débarrasser de la même manière qu'elle le ferait si, au lieu de se trouver collecté à l'intérieur de la glande qui l'a sécrété dans des conditions normales, ce lait avait été injecté sous la peau ou dans une autre cavité naturelle, le péritoine par exemple. Les mêmes processus qui joueraient dans ces derniers cas auront à intervenir dans la mamelle.

Le mouvement de résorption sera centripète et sa force dépend dans une certaine mesure de la tension qui s'exerce à l'intérieur de la glande, tension d'autant plus manifeste que la sécrétion est plus forte et l'espace destiné à loger le liquide plus restreint.

Au cours d'une sécrétion lactée régulière pour laquelle les mulsions se font à heures fixes, le mouvement dominant est évidemment centrifuge. Pouvons-nous dire, dans ce cas, qu'il n'y a jamais de résorption, même très partielle ? Non, car si pour une raison quelconque la traite ou la succion est retardée, cela entraîne une tension plus forte de la glande, et par suite, un peu de rétention lactée. En fait, à la veille de la traite ou de la tétée, lorsque la mamelle est tendue, la rétention joue déjà, mais s'il est possible de l'apprécier, notamment par un peu de

(1) Ce travail est inspiré d'une thèse de Doctorat Vétérinaire de l'un de nous, faite dans mon laboratoire. (Ch. P.)

(2) Ch. PORCHER. — A) La rétention lactée. *Ann. des Falsif. et des Fraudes*, 1919, 12, 329. — B) La rétention lactée. *Arch. de Méd. des Enfants*, 1920, 23, 569 et 625. — C) Coup d'œil d'ensemble sur le lait. L'« harmonie » de cet aliment. *Bull. de la Soc. Scient. d'Hyg. Alim.*, 1920, 8. — D) La rétention lactée. *C. R. Ac. Sc.*, 19 avril 1920, n° 963.

lactosurie, on peut dire qu'elle n'est jamais très importante, et qu'au cours d'une sécrétion normale, le mouvement principal dans la mamelle est centrifuge.

On ne saurait trop appeler l'attention sur la grande importance du phénomène de la rétention lactée qui nous permet d'expliquer certaines variations de composition chimique du lait, et nous autorise à dire que souvent le lait recueilli à la traite n'est pas tout à fait l'image du lait sécrété au moment où il est déversé dans les acini. Entre ce point et la sortie du trayon, sa course a pu être plus ou moins ralentie, ce qui n'a pas été sans faciliter des résorptions possibles aux divers points de la route.

L'étude expérimentale de la rétention lactée nous permet d'expliquer les modifications chimiques qui portent sur le lait sécrété par une mamelle cependant saine et fonctionnant normalement.

Sans pénétrer dans le détail des divers états dispersés du lait (1), nous pouvons ramener à trois sortes de principes très différents les uns des autres tous les corps qui se trouvent dans le lait : les cristalloïdes, les colloïdes et la matière grasse qui est émulsionnée.

Nous savons très bien que les cristalloïdes : lactose et sels solubles, sont résorbés au niveau de la mamelle selon les lois d'une osmose peut-être plus compliquée qu'on avait l'habitude de le croire jusqu'à présent, osmose dans laquelle interviennent des équilibres de Donnan dont la physionomie varie d'ailleurs à chaque moment. La lactosurie est le signe le plus intéressant peut-être au point de vue médical et clinique de la résorption du lactose dans la mamelle au cours de la rétention lactée.

Nous connaissons le sort de la graisse dans le même processus. Il y a phagocytose des globules graisseux et production de corpuscules de Donné.

On doit se demander également par quel mécanisme la caséine disparaît à son tour. Elle existe dans le lait à l'état de caséinate de calcium dispersé sous forme de micelles qui grossissent du fait du voisinage de phosphates de calcium solubles.

Des phénomènes de résorption de nature osmotique, c'est-à-dire de la forme la plus simple que l'on puisse concevoir, malgré la complexité des membranes animales au travers desquelles le mouvement centripète s'exercera, ne peuvent être envisagés ici. Et c'est également une intervention leucocytaire qui présidera à la disparition de la caséine, comme dans le cas de celle de la matière grasse. Mais, au lieu de constater uniquement un englobement mécanique massif aboutissant aux formes bien connues des corpuscules de Donné, nous aurons en outre à faire jouer des phénomènes digestifs actionnés par les ferments protéo-

(1) Ch. PORCHER. — Le lait au point de vue colloïdal, Th. Doct. ès-Sc. physiques, Lyon, 1929. *Le Lait*, Editeur.

lytiques sécrétés par les leucocytes. L'englobement mécanique intervient sans nul doute d'abord, mais objectivement, du fait de la petitesse des micelles du complexe : caséinate de calcium + phosphates de calcium, il n'est pas saisissable.

Tout ce qu'on peut dire, c'est que cet englobement doit être facile, puisqu'au lieu de s'exercer, non plus sur des globules gras dont les dimensions sont microscopiques, il se fait sur des micelles de dimensions ultramicroscopiques.

L'expérimentation va nous permettre de nous rendre compte des étapes suivies par la caséine au cours de la rétention lactée, mais il est nécessaire, pour bien en comprendre la complexité, de faire valoir quelques considérations intéressantes relativement à la mamelle dite « sèche ».

Lorsqu'on déclanche la rétention sur une mamelle en plein fonctionnement, l'examen des diverses circonstances dans lesquelles ce processus est appelé à jouer se heurte à une première difficulté : le conflit des deux mouvements : centrifuge de sécrétion, centripète de résorption dont nous avons parlé au début de cet article. Quand la mamelle fonctionne « à plein », la résorption, avons-nous dit, est faible lorsque les traites sont régulièrement faites ; tout au plus joue-t-elle un peu sur la sécrétion qui stagne le plus longtemps dans la mamelle du fait de l'inégalité d'espacement des traites.

Lorsqu'on décide expérimentalement la rétention sur une mamelle en plein fonctionnement, on ralentit, puis on arrête presque le mouvement centrifuge, et le mouvement centripète joue alors d'une manière dominante.

Mais il est d'autres circonstances dans lesquelles les deux mouvements coexistent ; nous les avons d'ailleurs déjà relevées : lorsque la mamelle fonctionne très peu et qu'il n'y a pas de traite, la sécrétion est faible, mais la résorption n'en va pas moins s'exercer sur elle au fur et à mesure qu'elle se fera, et le liquide collecté à l'intérieur de la glande, tout à fait d'aspect colostrale, est la résultante des deux processus dont il est question dans ce travail, de sécrétion, d'une part, de résorption, d'autre part.

L'étude expérimentale de la rétention lactée, celle du devenir des principes que l'on trouve dans le lait lorsque celui-ci n'est pas amené à l'extérieur, peut toujours être gênée par une sécrétion même ralentie. Aussi importe-t-il, si l'on veut obtenir les précisions les plus grandes, d'éliminer ce mouvement sécrétoire faible et, pour cela, il faut s'adresser à des vaches « sèches », c'est-à-dire à des femelles dont la glande mammaire est à l'état de repos.

La mamelle « sèche » est plus facile à définir théoriquement qu'à réaliser, parce qu'une glande mammaire qui a fonctionné, que l'on tarit en prévision de l'accouchement qui suit, n'est jamais au repos physiologique total.

Les animaux déjà nombreux auxquels nous nous sommes adressés pour procéder à des expériences de la nature de celles qui vont être relatées plus loin, n'avaient jamais la mamelle complètement « sèche ». Parfois même, il y avait encore une sécrétion assez abondante, à caractère colostral évidemment dominant, et qui pouvait nous gêner. Dans ce cas, nous éliminions l'animal. Dans d'autres cas, cette sécrétion était faible, mais jamais nulle, et nous avons à laver soigneusement la mamelle avant d'y injecter telle ou telle solution dont nous voulions étudier le sort après l'injection. Nous réalisions pour ainsi dire la mamelle « sèche ». En tout cas, il ne nous a pas paru que la faible sécrétion résiduelle ait pu vraiment nous gêner pour l'interprétation des résultats.

Nous devons appeler l'attention sur cette difficulté que nous avons éprouvée à trouver des animaux dont la mamelle fût vraiment inerte, parce que les expérimentateurs qui voudraient évoluer sur un pareil terrain se doivent de choisir parmi les sujets d'expérience ceux dont la sécrétion est réduite véritablement à son minimum.

**La rétention altère-t-elle chimiquement la graisse ?** — Nos recherches ont porté surtout sur le sort de la caséine au cours de la rétention lactée, mais chemin faisant il nous a semblé intéressant de voir si les principaux indices d'une graisse injectée dans une mamelle « sèche » sont modifiés. En d'autres termes, dans l'attaque des matières grasses par les leucocytes au cours de la rétention lactée, on pouvait se demander si, à l'englobement purement mécanique des globules gras par les leucocytes pour aboutir aux corpuscules de Donné, ne se superposait pas un processus qui altérerait la nature chimique des graisses et en modifierait les indices.

Nous étions guidés par l'idée préconçue que la graisse injectée pouvait se transformer insensiblement et partiellement pour se rapprocher des margarines en perdant une partie de ses glycérides à acides volatils solubles ou insolubles dans l'eau.

#### EXPÉRIENCE I

De la crème à 40 % a été lavée pour la séparer de la plus grande partie du lait écrémé qui se trouve mélangé à elle au cours du passage à travers l'écrémeuse. Puis, on en a injecté 750 grammes, le 16 mars, à 11 heures, dans les deux quartiers postérieurs de la mamelle après une tyndallisation par trois chauffages à 60°. Au préalable, un échantillon de la crème avait été traité de façon à en extraire la graisse qu'elle contient selon la méthode Meillère.

Cinq jours après, le 21 mars, on trait à fond la mamelle. On recueille loin des 750 grammes injectés ; une grande partie a disparu pendant ce long séjour dans la glande.

Nous avons affaire beaucoup moins à un liquide qu'à une masse pâteuse, presque uniquement constituée, peut-on dire, de corpuscules

de Donné nageant dans un liquide rare. Bref, nous avons là une colostrisation extrêmement rapide et l'aspect du liquide recueilli est tout à fait semblable à celui que Ch. PORCHER et L. PANISSET (1) ont signalé dans le péritoine du cobaye à l'intérieur duquel ils avaient au préalable injecté du lait, homogénéisé ou non. Ce que l'on recueille, en effet, à la traite le 21 mars, ce sont des masses consistantes formées de l'agglomération visqueuse de leucocytes bourrés de matière grasse.

La graisse a été extraite de ces masses par la méthode Meillère après broyage au mortier avec du sable, de façon à libérer autant que possible par une rupture mécanique violente la graisse des leucocytes qui l'avaient englobée. Plusieurs extractions ont été nécessaires pour obtenir toute la graisse phagocytée.

Voici maintenant comparés les uns aux autres les principaux indices de cette graisse :

	<i>Avant</i>	<i>Après</i>
	l'injection	
Indice de saponification .....	233	226,3
Acides volatils solubles.....	29,60	23
Acides volatils insolubles .....	3,78	3,9
Indice d'iode .....	32,90	35,75

L'examen de ces chiffres montre que l'indice de saponification s'est quelque peu abaissé, mais que c'est surtout celui des acides volatils solubles qui a diminué dans une grosse proportion.

**Le sort de la caséine au cours de la rétention.**— Nous rappellerons que le lait tend à prendre un aspect colostré d'autant plus marqué que la rétention dure depuis plus longtemps. Quand ce processus intervient, en effet, c'est le lactose qui quitte la mamelle le plus rapidement, puisqu'il est cristalloïde, par suite dialysable, facilement résorbable. La matière grasse et la caséine ne disparaissent que plus tard, beaucoup plus lentement, en raison de leur état physique.

Si l'on ne se fiait qu'aux données purement pondérales des protéines totales du lait de rétention, on constaterait que leur taux n'est pas très troublé au début. C'est plutôt sur la répartition des protéines que la modification la plus profonde va être notée. Le colostrum qui est par essence un produit de rétention, surtout le colostrum *ante-partum*, est caractérisé au point de vue analytique par une très grande variabilité de ses chiffres. C'est qu'il y a *colostrum et colostrum*. Il n'y a pas un type de colostrum, mais on a plutôt affaire à des variétés qu'on ne peut superposer parfois que difficilement. Toutefois, ce qui distingue le colostrum, au moins chez la vache, du lait normal, c'est sa plus grande abondance de protéines coagulables : albumine, et surtout globuline.

Il en est de même pour le lait soumis à la rétention, ce qui ne doit

(1) Ch. PORCHER et L. PANISSET. — Quelques remarques sur le colostrum. *C. R. Soc. de Biol.*, 21 février 1921, 84, 414.

pas nous surprendre puisqu'on ne tend rien moins qu'à lui faire prendre un aspect colostral. Le taux de la caséine diminue alors qu'augmente considérablement celui des protéines coagulables par la chaleur, et l'on est tout naturellement amené à se demander, à la suite de ces considérations, si ces protéines coagulables par la chaleur ne résultent pas d'une transformation de la caséine.

Des recherches déjà anciennes faites par Ch. PORCHER dans son laboratoire lui avaient montré que si l'on injectait une solution de caséinate de calcium dans la mamelle, on obtenait lorsqu'on effectuait la traite, deux jours après l'injection, pour évacuer le résidu du caséinate injecté, des liqueurs qui coagulaient par la chaleur.

De deux choses l'une : ou ces produits coagulables étaient d'origine centrifuge et venaient par suite du sang, ou bien ils provenaient d'une transformation sur place de la caséine injectée. On pouvait même admettre une troisième hypothèse combinant les deux précédentes, c'est-à-dire que ces protéines coagulables par la chaleur provenaient partie de protéines de même nature ayant passé du sang à l'intérieur de la glande, partie d'une digestion de la caséine mise en expérience. Nous ajouterons même, et nous y serons amenés dans l'examen des expériences exposées plus loin, que les leucocytes qui interviennent dans la résorption de la caséine peuvent apporter, eux aussi, des globulines.

En tout cas, il paraît difficile, au premier examen, de fixer son choix, c'est-à-dire de rapporter à chacun des processus qui interviennent la part exacte qui lui revient.

*Il est un moyen cependant de résoudre la difficulté, c'est de s'adresser à la caséine iodée et de suivre l'iode dans les produits de la dislocation.*

Dans nos premières recherches, nous avons pensé à nous adresser à un lait artificiel d'une formule simple à réaliser, comprenant son lactose et sa charge minérale, mais nous avons estimé ensuite que c'était là une complication inutile, et qu'il était préférable, puisque nous voulions étudier le sort d'un seul des constituants du lait dans la mamelle, de nous borner à injecter dans cette glande le constituant en question sous la forme qu'il possède dans le lait et avec une réaction qui soit celle de cette sécrétion, c'est-à-dire dont le pH encore acide soit voisin de 7.

Les solutions de caséinate sont stérilisées par deux tyndallisations à haute température, à 100°, à trois heures d'intervalle dans un ballon à fond plat dont le bouchon a deux tubulures, l'une pour la soufflerie et dont le tube affleure à la surface du liquide, l'autre pour l'évacuation de celui-ci et dont le tube va jusqu'au fond. Le tout, bien entendu, se trouve stérilisé lors de la tyndallisation.

Avant l'injection du caséinate dans la mamelle, on procède au lavage de celle-ci avec du sérum physiologique également stérilisé et

contenu dans un flacon analogue à celui qui renferme la solution de caséinate.

L'examen du produit de rétention, lorsqu'on le récupérera par la traite, devra être tout à la fois chimique et cytologique, chimique pour la recherche des protéines coagulables, cytologique, afin de voir quels sont les leucocytes qui sont intervenus. On procédera à leur numération et à leur classification, c'est-à-dire qu'on déterminera la formule leucocytaire.

La recherche chimique devra porter également sur la présence de l'iode.

Les leucocytes apportent évidemment avec eux les protéines de leur tissu propre, de l'albumine et de la globuline, c'est-à-dire des protéines également coagulables par la chaleur, et ainsi que nous le faisons remarquer un peu plus haut, il y a, si l'apport leucocytaire est abondant, une cause qui vient troubler la recherche et gêner l'interprétation.

Encore une fois, on saisit tout ce que peut avoir d'utile et de péremptoire en l'espèce l'utilisation de la caséine iodée, car on ne voit pas bien une mutation possible de l'iode d'une molécule sur une autre ; on admettra plus facilement que l'iode reste fixé dans la molécule de caséine au morceau dont il dépend. Nous sommes donc amenés à penser que le processus de résorption du caséinate injecté dans une mamelle « sèche », lequel processus provoque une amenée leucocytaire qui peut être considérable, entraîne la présence simultanée à l'intérieur de la glande, de protéines coagulables provenant des corps leucocytaires et d'autres protéines également coagulables par la chaleur, mais dont la caséine est l'origine.

Encore une fois, le recours au dérivé iodé de la caséine nous permet d'être fixé au moins sur l'une de ces origines.

Il y a également une autre donnée analytique sur laquelle nous pouvons nous baser : c'est la présence ou l'absence du phosphore dans les produits de dédoublement de la caséine. *A priori*, et comme conséquence des recherches de Cl. RIMINGTON, de C. NEUBERG sur la caséine, et qui établissent que celle-ci est un éther phosphorique d'une globuline, on pouvait penser que dans la lyse de la caséine au sein de la mamelle, au cours de la rétention, lyse diastasique et sans doute d'origine leucocytaire, l'acide phosphorique devait se détacher en premier lieu. Autrement dit, cette lyse correspondrait à une sorte de saponification entraînant le départ de l'acide phosphorique de la molécule caséinique.

On sait depuis longtemps combien les leucocytaires sont producteurs de diastases (1). Dans l'englobement de la matière grasse par les phagocytes, lequel aboutit aux formes leucocytaires dites corpuscules de Donné, on peut très bien penser que l'intervention des diastases

(1) Voir N. FIESSINGER. — *Les ferments des leucocytes*. Masson & Cie, Ed., Paris, 1923.

leucocytaires soit inutile et restreindre en somme le rôle des leucocytes à l'enclavement purement mécanique des corps étrangers que représentent pour eux les globules gras situés dans leur voisinage.

Ch. PORCHER et L. PANISSET ont vu que les leucocytes qui interviennent après l'injection de lait sont des poly- et des mononucléaires, c'est-à-dire des micro- et des macrophages. Les polynucléaires prédominent quand le prélèvement est fait quelques heures après l'injection de lait, alors que ce sont les mononucléaires qui sont les plus nombreux quand les animaux sont sacrifiés au bout de 24 heures. Mais qu'il s'agisse de l'une ou de l'autre variété des leucocytes, toutes deux se montrent capables d'englober les globules graisseux du lait injecté. Les globules gras ne sont pas toujours distribués régulièrement dans le leucocyte, quelquefois ils sont peu nombreux, notamment lorsqu'ils sont gros ; d'autres fois, ils les bourrent au point d'en masquer le noyau, et les leucocytes ont alors tout à fait l'aspect des corpuscules mûriformes de Donné — tels qu'on les rencontre dans le colostrum.

(A suivre.)

---

**LA MÉTHODE SYNTHÉTIQUE DANS L'ÉTUDE DU LAIT.  
LE LAIT AU POINT DE VUE COLLOIDAL.  
RECHERCHES SUR LE MÉCANISME DE L'ACTION  
DE LA PRÉSURE**

par Ch. PORCHER,

Docteur ès sciences physiques

(Suite)

CHAPITRE 1X

LES THÉORIES DE L'EMPRÉSURAGE

Nous disons *les théories*, et non *la théorie*, car les hypothèses qui ont été formulées pour expliquer le phénomène de l'emprésurage sont fort nombreuses.

La prise du lait en gel sous l'action de la présure est un phénomène biochimique banal, avons-nous déjà dit ; mais comme le font remarquer avec beaucoup d'a propos L. S. PALMER et G. A. RICHARDSON (192) : « les phénomènes biochimiques les plus communs sont souvent les plus difficiles à expliquer. Des vues totalement différentes sont données, ordinairement inconciliables, mais il est de règle qu'elles satisfassent chacun de leurs auteurs ».

Avant d'en arriver à l'exposé de nos recherches personnelles et à l'interprétation que nous croyons devoir leur donner, nous allons retenir les principales hypothèses, les confronter, les opposer les unes aux autres, et voir ce qu'elles ont d'acceptable ou d'illusoire.