

Influence de la traite et de la machine à traire sur les numérations cellulaires et les infections mammaires chez la vache laitière

P. BILLON (1), O. SAUVEE (2), J.L. MENARD (3), V. GAUDIN (4)

(1) Institut de l'Élevage, BP 67, 35652 LE RHEU Cedex

(2) Institut de l'Élevage, 149, rue de Bercy, 75595 PARIS Cedex 12

(3) Institut de l'Élevage, BP 646, 49006 ANGERS Cedex 01

(4) Chambre d'Agriculture de Loire Atlantique, rue de la Géraudière, 44939 NANTES Cedex 9

RÉSUMÉ – La traite et la machine à traire sont à l'origine de facteurs de risques importants et bien connus des infections mammaires des vaches laitières.

Les trois principaux mécanismes à l'origine d'infections mammaires liées à la traite sont les suivants :

1. Transmission « passive » des micro-organismes de vache à vache, par les lavettes, les manchons trayeurs et les mains du trayeur
2. Diminution des défenses de l'organisme en particulier de l'extrémité du canal et du trayon
3. Contamination « active » pendant la traite par fluctuations cycliques et irrégulières du niveau de vide, impacts de lait contre les extrémités des trayons, gradient de pression inverse, qui provoquent le passage des bactéries pathogènes à l'intérieur de la glande mammaire.

D'autres phénomènes comme les courants électriques vagabonds ou la traite incomplète sont également susceptibles d'influer de façon négative sur la santé des mamelles des vaches laitières.

La nouvelle norme de construction et de performances des machines à traire (NF ISO 5707), permet maintenant de concevoir et de monter des installations de traite cherchant à limiter au maximum les facteurs de risques dus à la machine à traire à condition que son utilisation et son entretien par le trayeur soient aussi corrects que possible.

Effects of milking and of the milking machine on somatic cells counts and intra mammary infections on dairy cows

P. BILLON (1), O. SAUVEE (2), J.L. MENARD (3), V. GAUDIN (4)

(1) Institut de l'Élevage, BP 67, 35652 Le Rheu Cedex

SUMMARY – Milking and milking machine are two main risks major factors in the aetiology of mastitis. The three main identified ways in which milking machine can affect the development and severity of bovine mastitis are the following :

1. Facilitating the transmission of pathogenic bacteria between cows by towels, liners or hands of the milker.
2. Modifying the teat end structure to enhance infection and/or impair host defences
3. Inducing bacterial penetration of the streak canal by vacuum fluctuations : cyclic and irregular, impacts and Reverse Pressure Gradients (RPG) across the teat canal...

Other factors like stray voltage and non complete milking can also increase risks of mastitis.

The new ISO standard (ISO 5707) is nowadays one of the best ways to design and to set up milking machines in which vacuum fluctuations, impacts and RPG can be reduced in order to minimize machine-induced infection.

Milker's technique during attachment and detachment of clusters without airblast and without overmilking and milking machine keeping always in good working conditions are also two important conditions of minimizing udder's infection.

INTRODUCTION

L'influence de la traite et de la machine à traire sur les infections mammaires et les numérations cellulaires individuelles des vaches laitières est maintenant bien connue des chercheurs, des fabricants de matériel et des éleveurs.

Cependant, ces infections étant d'origine multifactorielle, il est toujours très difficile de déterminer avec précision la part due à la machine à traire en elle-même ; elle peut varier de près de 3 % à 66 % (Schmidt-Madsen et Klastrup, 1980) selon le type de machine et selon les exploitations.

Depuis plus de vingt ans, de nombreuses recherches ont été entreprises afin de déterminer les causes exactes de pénétration des germes pathogènes dans la mamelle à travers le canal du trayon.

Les phénomènes les plus couramment admis sont les suivants :

- contamination d'une vache à l'autre lors de la préparation des trayons avant la traite par les lavettes ou les mains du trayeur et pendant la traite par les manchons trayeurs infectés.
- diminution des défenses naturelles notamment au niveau de l'extrémité du trayon et du canal du trayon par des traitez traumatiques,
- introduction de germes dans le canal du trayon pendant la traite par des phénomènes physiques induits par la machine elle-même.

1. LA MACHINE A TRAIRE, VECTEUR PASSIF DE TRANSFERT DES MICRO-ORGANISMES SUR LES TRAYONS

1.1 L'HYGIÈNE DE LA MAMELLE

La traite peut favoriser le transfert de bactéries pathogènes présentes sur la peau des trayons d'une vache à une autre vache par simple contact avec des lavettes infectées ou les mains du trayeur. De nombreuses études ont montré l'intérêt des mesures d'hygiène avant la traite, comme le lavage des mamelles avec des lavettes individuelles ou avec des douchettes à jet dirigé, suivi d'un essuyage rigoureux (Galton et al, 1988 ; Ménard, 1992).

Depuis quelques années la technique du prétrempage des trayons avec un produit désinfectant, moussant ou non, permet de réduire de façon significative les infections dues à *S. aureus* (Serieys et Poutrel, 1992), et même certaines infections de type environnemental due à *Str. uberis* et aux bactéries Gram négatif (Pankey et al, 1987).

1.2 L'HYGIÈNE DU FAISCEAU TRAYEUR

Les manchons trayeurs sont des vecteurs de transmission des germes pathogènes. Pendant la traite, tout micro-organisme présent dans le lait, sur les trayons ou sur les lésions des trayons d'une vache infectée peut être transmis aux trayons d'autres vaches par les manchons trayeurs, accroissant ainsi le risque de nouvelles infections (Davidson, 1963 ; Neave et al, 1969). On a pu ainsi montrer qu'un manchon contaminé par *S. aureus* après la traite d'une vache infectée pouvait transférer le germe aux 6 vaches suivantes traitées avec le même faisceau (Woolford et al, 1980).

Afin de maîtriser cette dissémination des germes pathogènes au cours de la traite via les manchons trayeurs, différentes méthodes de décontamination des faisceaux trayeurs après la traite de chaque animal ont été proposées utilisant l'eau froide ou l'eau chaude additionnée ou non d'agents désinfectants. On a pu mettre en évidence qu'une circulation d'eau à 74° C pendant 3 minutes ou à 85° C pendant 5 secondes à travers le faisceau trayeur réduisait la charge bactérienne des manchons de 97 à 100 %, alors qu'un simple rinçage à l'eau froide pendant 3 minutes n'entraînait pas de diminution sensible du nombre de *S. aureus* présents dans les faisceaux (Neave et al, 1969).

A cause de la difficulté de mise en œuvre, la désinfection des faisceaux trayeurs par la chaleur après chaque vache, bien qu'efficace n'est pas pratiquée dans les exploitations laitières françaises. C'est pourquoi, une autre méthode plus mécanisée a été mise au point. Elle consiste à effectuer après chaque

vache, un rinçage à l'eau claire suivi d'une désinfection à l'aide d'une solution iodée, par circulation à partir de la griffe jusqu'aux manchons trayeurs ; c'est le Backflushing.

Un backflushing réalisé avec une solution à base d'iode (25 ppm) permet une réduction de 99 % de la population bactérienne présente sur la surface des manchons trayeurs (Bushnell, 1979 ; Hogan et al, 1984 ; Smith et al, 1985, MacDonald et al, 1993). Cependant, bien que la réduction de la population bactérienne des parois des manchons notamment *S. aureus*, soit pratiquement toujours confirmée, l'effet sur les numérations des laits de tank paraît moins évident.

D'autres systèmes plus récents de rinçage des manchons trayeurs après la traite de chaque animal utilisant de l'eau froide sous pression ont été récemment testés. On a ainsi pu montrer une diminution de 91,5 % du nombre de cellules vivantes présentes sur les parois des manchons trayeurs (Billon et Gaudin, 1998).

Les essais restent cependant à confirmer en terme d'infections mammaires et de numérations cellulaires.

Il reste cependant une certitude absolue bien connue de tous : des manchons usagés à la surface rugueuse et craquelée sont des sources très importantes et chroniques de contamination.

Le changement régulier des manchons au moins une fois par an, et plus souvent si le nombre de vaches traitées par faisceau trayeur est important (on parle actuellement d'une durée maximale de vie d'un manchon de 2500 traites mais ceci n'a pas été scientifiquement démontré), est le conseil le plus élémentaire que doit suivre tout éleveur soucieux de la santé de ses animaux et de la qualité du lait. L'emploi de manchons au silicone peut aussi être une voie d'amélioration mais les résultats manquent actuellement pour affirmer totalement la supériorité de ce matériau dans ce domaine.

Il faut aussi rappeler que les mesures élémentaires d'hygiène telles que : traire les vaches infectées avec un faisceau supplémentaire ou en dernier restent toujours valables.

2. LE ROLE DE LA MACHINE A TRAIRE DANS LA DIMINUTION DES MOYENS DE DEFENSES DE LA MAMELLE

La diminution des défenses de l'organisme se traduit le plus souvent en termes d'infections mammaires par des changements physiques particuliers de l'état de l'extrémité et du canal du trayon. Ce dernier constitue la dernière barrière naturelle contre la pénétration des micro-organismes dans le quartier. De nombreux auteurs ont montré que l'altération de cette barrière par des phénomènes extérieurs notamment pendant la traite la rendait moins efficace.

Les dégradations de l'état des trayons sont essentiellement de trois types :

1. altération ou limitation du phénomène de renouvellement de la kératine, naturellement évacuée pendant la traite
2. érosion ou éversion du sphincter formant l'orifice du canal du trayon
3. diminution de la souplesse du trayon et du diamètre du canal par congestion, oedème et à la longue sclérose.

2.1 EFFET DU NIVEAU DE VIDE

Contrairement à ce qui semble généralement admis, l'effet du niveau de vide sur les infections mammaires n'est pas clairement établi. Des études déjà anciennes ont mis en évidence une augmentation de l'érosion de l'extrémité du canal du trayon et de l'hyperkératose associée à un niveau de vide de plus de 60 kPa (Neave et al, 1957 ; Walsh et Nyhan, 1969), alors que d'autres auteurs ne signalent aucune différence en terme de nombre de cellules somatiques quand des vaches saines sont soumises à des vides élevés et un peu de surtraite (Olney et Mitchell, 1983). Cependant, d'autres chercheurs (Nicolai et al, 1977 ; Malhe et al, 1982) ont pu mettre en évidence une augmentation du nombre des mammites avec un niveau de vide de 51 kPa comparé à 43 et 34 kPa.

Enfin, des études beaucoup plus récentes ont montré une augmentation significative de l'épaisseur des trayons, mesurée avec la technique du cutimètre, de 7 à 10 % avec un vide de

40 kPa et de 17 à 25 % avec un vide à 50 kPa par rapport à une traite à 25 et à 30 kPa (Hamann et al, 1992). Ce phénomène, extériorisant la formation d'oedème, serait à la base d'une diminution des défenses de l'animal. Ainsi, il apparaît qu'une augmentation de plus de 5 % de l'épaisseur des trayons pendant la traite augmenterait de façon significative la colonisation du canal du trayon par les bactéries pathogènes et les nouvelles infections (Zeconni et al, 1992).

Les observations de terrain montrent que dans la majorité des cas, les vaches soumises à des niveaux de vide élevés sont plus susceptibles aux nouvelles infections et aux numérations cellulaires élevées que celles traitées avec des niveaux de vide plus faibles.

Cependant, le réglage du niveau de vide d'une machine à traire s'appréhende d'abord en fonction du type de traite, du type de manchon-trayeur et aussi de la façon de faire du trayeur. Conformément aux études les plus récentes, la tendance actuelle est plutôt à une baisse généralisée des niveaux de vide. Cette intention est louable et souvent couronnée de succès, mais elle n'est pas sans inconvénients. Ainsi, on a pu montrer que les niveaux de vide bas génèrent des traites longues augmentant ainsi la durée d'exposition des trayons aux agressions et aux microbes, le nombre de glissements de manchons et même de chutes de faisceaux trayeurs (Langlois et al, 1981 ; Spencer, 1989 ; Billon, 1991).

La nouvelle norme NF ISO 5707 spécifie que le niveau de vide dans la griffe à lait pendant la période de débit maximal doit se situer entre 32 et 40 kPa. Cela correspond à un vide nominal compris entre 40 et 44 kPa pour les lactoducs en ligne basse et 45-50 kPa pour les lactoducs en ligne haute.

2.2 EFFET DE LA PULSATION

La pulsation est l'un des facteurs principaux de la machine à traire impliqué dans le développement des infections mammaires.

Si la fréquence de pulsation ne semble pas directement en relation avec l'apparition des nouvelles infections tant qu'elle se situe à un niveau inférieur à 75 cycles par minute (Walsh et Nyham, 1969), l'absence ou la quasi absence de pulsation est à l'origine d'une augmentation sensible des infections mammaires (Bramley et al, 1978 ; Jasper et al, 1976 ; Woolford et al, 1978 ; Kingwill et al, 1979 ; Reitsma et al, 1981). Le phénomène semble pouvoir être expliqué par les mouvements de la kératine à l'intérieur du canal du trayon.

En effet, des recherches récentes ont montré que la kératine qui résulte de la transformation des cellules de l'épiderme qui tapisse les parois du trayon, et qui emprisonnent les bactéries qui y ont pénétré, est régulièrement évacuée pendant la traite. Les pertes de kératine varient de 20 à 40 % et son taux de régénération est fonction de son taux d'évacuation : plus il en est rejeté vers l'extérieur, plus il en est fabriqué entre les traites (Capuco et al, 1990 ; Bronzo et al, 1995 ; Lacy-Hulbert et al, 1996).

Les pertes de kératine semblent plus liées à la pression physique exercée par le manchon qui se ferme entraînant en même temps la fermeture du canal du trayon que par le flux de lait passant à travers le canal.

Il a aussi été démontré que les infections mammaires étaient plus nombreuses lorsque la kératine était évacuée en moindre quantité pendant la traite avec des machines sans pulsation par exemple (Capuco et al, 1994 ; Lacy-Hubert et al, 1996).

Ceci proviendrait d'un effet d'accroissement anormal de la population bactérienne dans le canal du trayon, mettant ainsi en doute l'effet bactéricide annoncé de la kératine (Du Preez, 1985 ; Trinidad et al, 1990 ; Murdough et al, 1991 ; Pankey et al, 1995).

L'absence de pulsation et surtout un massage défectueux est aussi associé à la congestion et à l'oedème des trayons, facteurs aggravant les risques de mammites.

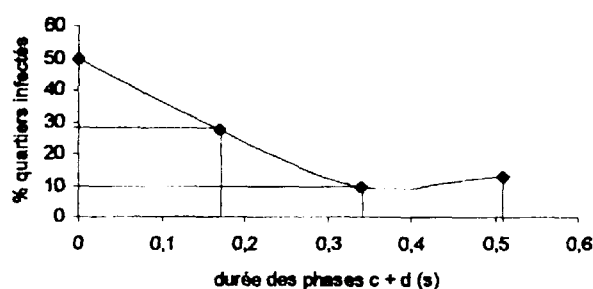
Ces phénomènes ont été identifiés comme limitant les défenses naturelles de l'organisme vraisemblablement par action sur la kératine mais également en induisant une restriction du canal du trayon qui entraîne une traite plus longue, plus perturbée, voire incomplète.

Il est reconnu que les grands rapports de pulsation supérieurs ou égaux à 70 % sont source d'oedème et de congestion des trayons et d'hyperkératose de leurs extrémités sans que ce dernier phénomène ait été formellement identifié comme cause directe des nouvelles infections mammaires (Woolford, 1995). Actuellement en France, un rapport de pulsateur compris entre 60 et 65 % semble être le meilleur compromis entre rapidité de traite et état sanitaire de la mamelle. Ceci est confirmé dans d'autres pays par d'autres auteurs (Galton et Mahle, 1980 ; Thomas et al, 1990).

Il est important de respecter au minimum la normalisation des phases de pulsation : b : 30 % et surtout la phase de massage d : 15 % ou 150 ms (NF ISO 5707, 1997).

Des expérimentations ont mis en évidence l'importance des forces qui s'appliquent sur le trayon pendant et à la fermeture du manchon trayeur (phase c + d). La figure 1 montre un effet significativement important sur le pourcentage de quartiers infectés lorsque (c + d) passe de 0,34 s à 0,17 s (Reitsma et al, 1981).

Figure 1 : Effet de la durée des phases c + d sur le % des quartiers infectés en conditions expérimentales



Même si la force optimale de compression du trayon par le manchon n'a pas encore été déterminée avec précision, on peut penser qu'elle se situe aux environs de 10 kPa, dépendant du niveau de vide sous le trayon, des caractéristiques techniques du manchon et de la pulsation. (Mein et Williams, 1984 ; Mein et al, 1987).

2.3 INFLUENCE DU MANCHON TRAYEUR

L'influence du manchon trayeur sur l'état des trayons et les infections mammaires a été démontrée depuis longtemps.

Le manchon trayeur a aussi un effet important sur les caractéristiques de traite des vaches laitières ; on a ainsi pu mettre en évidence des différences de 1 à 6 au niveau du volume de lait d'égouttage, de 1 à 8 au niveau des glissements de manchons et de plus d'1/3 au niveau du temps de traite (O'Shea et al, 1984 ; Le Du, 1983 ; Billon et Le Du, 1986).

L'effet du manchon trayeur sur la santé et l'état du trayon se traduit le plus souvent par la congestion et/ou l'oedème de ce dernier. Interviennent également les forces de compression qui s'exercent sur le trayon lorsque le manchon se ferme et qui sont fonction du niveau de vide sous le trayon, de la souplesse du manchon et de la pulsation ainsi que des dimensions et de la forme des trayons.

Des études récentes, restant à confirmer montrent que l'intégrité de l'état de l'extrémité des trayons semble mieux préservée par des manchons très souples (pression de flambage 7 à 8 kPa). Cet état est également amélioré par la diminution du niveau de vide à 40 kPa en ligne basse par exemple (Clouet, 1996).

Une traite rapide est obtenue par des manchons dont le diamètre corps du mesuré à 75 mm de la lèvres d'embouchure est important (24 à 25 mm) et relativement durs (pression de flambage 13 à 15 kPa). Cependant, ils présentent l'inconvénient de dégrader l'état des extrémités des trayons en augmentant les risques de congestion et/ou d'oedème (Le Du et Taverna, 1989 ; Mein et al, 1993).

Le diamètre du corps d'un manchon trayeur devrait être 1 à 2 mm inférieur à la moyenne des diamètres des trayons stimulés, juste avant la traite (Mein et al, 1996) ; cela représente des

diamètres d'environ 21 à 23 mm chez les vaches de race Prim' Holstein en France.

Le manchon doit aussi avoir une longueur suffisante afin que le massage soit toujours réalisé en priorité au niveau de l'extrémité du trayon. L'absence de massage de cette partie entraîne obligatoirement oedème, congestion, voire nécrose et limitation d'évacuation de la kératine et de son renouvellement et donc finalement augmentation des infections mammaires. Une longueur effective de l'ordre de 140 mm pour des diamètres de corps de manchons de 21 à 23 mm semble être un bon compromis.

Il importe également d'éviter que le manchon soit vrillé dans son étui ce qui l'empêche de fonctionner correctement. La norme NF ISO 5707 recommande à ce sujet aux fabricants de faire figurer des repères sur la tête du manchon et le tuyau court à lait afin d'aider le trayeur à s'assurer constamment de la bonne position du manchon dans son étui.

Le diamètre de la lèvres d'embouchure doit être ajusté aussi parfaitement que possible au trayon pour réaliser une jonction étanche avec la chambre d'embouchure du manchon. Un diamètre trop important limite le volume de lait d'égouttage mais augmente la fréquence des glissements de manchons et des chutes des faisceaux dont les effets seront évoqués ultérieurement.

Un diamètre trop petit augmente le volume de lait d'égouttage et curieusement également la fréquence des glissements de manchons (Billon, 1991).

Ceux-ci peuvent aussi être plus nombreux si la lèvres d'embouchure est détériorée par les coupelles de nettoyage par exemple. Cependant, il faut plutôt rechercher des lèvres souples qui limitent les anneaux de compression parfois visibles à la base des trayons et dont l'intensité peut aussi être liée avec le niveau de vide qui règne pendant la traite dans la chambre d'embouchure du manchon trayeur.

2.4 INFLUENCE DE LA SURTRAITE

La surtraite est le plus souvent considérée comme l'un des principaux facteurs de risques des infections mammaires dues à la traite. Elle peut en effet :

- altérer à la longue les structures du canal du trayon et diminuer aussi l'efficacité de cette barrière naturelle
- favoriser les entrées d'air par la lèvres d'embouchure des manchons et par là augmenter la fréquence des phénomènes d'impacts qui facilitent la pénétration des micro-organismes à travers le canal du trayon (§ 3.2.1)

En fait, la surtraite n'est que l'un des facteurs en cause et son influence spécifique sur les mammites a toujours été difficile à mettre en évidence (Brandsma et Maatje, 1980 ; O'Shea, 1981 ; Natzke et al, 1982 ; Bramley, 1991 ; Mein et al, 1993). Le tableau 1 qui présente les résultats de l'une des nombreuses études réalisées sur le sujet ne montre pas d'effet significatif de la surtraite sur le pourcentage de quartiers infectés (Natzke et al, 1982).

Tableau 1 : Pourcentage de quartiers infectés en fonction du type de traite (chaque traitement est réalisé sur 20 vaches soit 80 quartiers)

Essai	1	2	Moy
Traite normale	25	15	20
Traite à durée fixe (12 min.)	33	19	26
Traite à durée fixe (12 min.) et flux contrôlé (1)	31	23	27
Déposes automatiques	22	16	19

(1) le vide baisse à 33 kPa dès que le débit du lait atteint 200 cm³/min.

Dans ces essais de courte durée, l'effet du temps de traite et surtout du numéro de lactation et de l'âge des animaux apparaissent comme les facteurs les plus importants de prédisposition aux infections mammaires plutôt que l'effet de la surtraite stricto-sensu qui n'est pas statistiquement significatif.

Le fait que les quartiers arrières des vaches laitières présentent deux fois plus de mammites que les quartiers avant pourtant

soumis à une surtraite pratiquement systématique du fait de la moindre production laitière, illustre bien l'importance relative de la surtraite dans cette pathologie.

La surtraite n'aurait finalement d'effets sensibles sur les mammites qu'associée à d'autres facteurs de risques tels que un niveau de vide trop élevé, des défauts de pulsation ou des manchons inadaptés par exemple.

Cependant, les surtraites chroniques de plusieurs minutes ne peuvent avoir qu'un effet négatif sur les mammites et doivent être évitées.

3. LA MACHINE A TRAIRE, FACTEUR INTRINSEQUE DE PENETRATION DES GERMES A L'INTERIEUR DE LA MAMELLE

La machine à traire, de par son propre fonctionnement peut être à l'origine de phénomènes qui provoquent ou facilitent la pénétration des germes présents à l'extérieur de la mamelle notamment sur la peau des trayons, vers l'intérieur de cette dernière à travers le canal du trayon. Les causes et les mécanismes les plus couramment admis sont les fluctuations de vide, les impacts, les glissements de manchons et l'inversion de pression à l'intérieur du trayon.

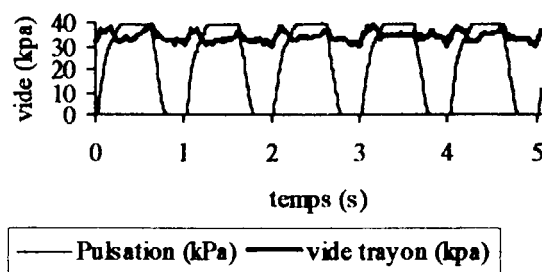
3.1 LES FLUCTUATIONS DE VIDE

3.1.1. Les fluctuations cycliques de vide

Les fluctuations cycliques de vide se produisent sous le trayon de l'animal et sont dues au principe même de fonctionnement du manchon trayeur. Celui-ci, sous l'effet de la pulsation s'ouvre et se ferme alternativement en gros une fois par seconde, entraînant des variations du volume intérieur sous le trayon qui, conformément à la loi de Mariotte ($P.V. = Cte$) se traduisent par des fluctuations cycliques du vide synchrones avec la pulsation (figure 2).

Les fluctuations cycliques sont plus ou moins importantes et les paramètres les influençant sont les suivants : le type de pulsation, le volume de la griffe, le type de manchon, le diamètre du tuyau court à lait, l'entrée d'air à la griffe et le débit du lait de l'animal.

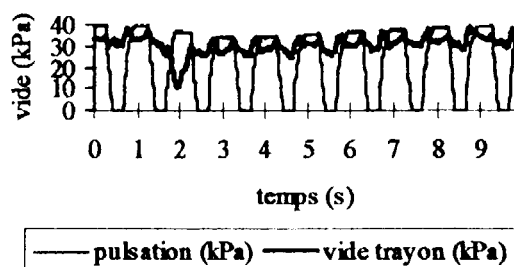
Figure 2 : Fluctuations cycliques de vide sous le trayon (débit 5 l/min.)



3.1.2. Les fluctuations irrégulières de vide

Les fluctuations irrégulières de vide se produisent de façon aléatoire lors de l'usage normal de la machine à traire : pose, dépose, chute de faisceau, glissement de manchon (figure 3). Les facteurs les influençant sont les suivants : la réserve réelle, le volume intérieur de l'installation, la sensibilité du régulateur de vide, le manchon trayeur et la technique de traite.

Figure 3 : Variations irrégulières de vide sous le trayon (débit 5 l/min.)



3.1.3. Fluctuations de vide et infections mammaires

Les relations entre les infections mammaires et les fluctuations de vide ont été montrées expérimentalement (Nyhan, 1968 ; Thiel et al. 1973 ; Thiel, 1975, Bramley 1991).

Ces auteurs ont mis en évidence que les risques d'infections sont accrus lorsque les deux types de fluctuations de vide existent simultanément comme l'indique le tableau 2.

Tableau 2 : Taux de nouvelles infections quand les vaches sont traitées avec des fluctuations de vide (conditions expérimentales avec infusion de bactéries pathogènes pendant la traite) (d'après Bramley, 1991)

Traitement	% de quartiers infectés après 14 jours d'expérimentation
R + C	47,5 à 60
r + c	2,5 à 12,5
R	2,5
C	10
R + C pendant débit maximal	15 à 20
R + C en fin de traite	47,5

R : grandes fluctuations irrégulières
C : grandes fluctuations cycliques

r : petites fluctuations irrégulières
c : petites fluctuations cycliques

R : grandes fluctuations irrégulières
C : grandes fluctuations cycliques

r : petites fluctuations irrégulières
c : petites fluctuations cycliques

Limiter les variations irrégulières de vide peut s'envisager en augmentant la réserve réelle, en accroissant le volume intérieur de l'installation et en veillant au bon fonctionnement du régulateur.

Limiter les fluctuations cycliques peut se faire en augmentant le volume libre sous le trayon en particulier le diamètre du tuyau court à lait et celui de l'entrée du lait dans la griffe et en évitant les engorgements notamment au niveau de la griffe et du lactoduc. En effet, si ces dimensions sont trop faibles, le lait provenant du trayon n'a pas la possibilité de s'écouler normalement pendant la fermeture du manchon et pendant le massage. A la phase suivante qui survient quelques dixièmes de secondes après, lorsque le manchon s'ouvre, le volume plus réduit sous le trayon entraîne une augmentation de la dépression qui peut atteindre instantanément une valeur de 3 à 5 kPa supérieure au vide nominal et environ 4 à 8 kPa supérieure au vide qui règne au même moment dans la griffe à lait.

Cette inversion des pressions entraîne alors une aspiration du lait vers le trayon.

Ce phénomène est appelé le flux rétrograde ou « reverse flow » et est certainement la cause la plus connue d'apparition des infections mammaires dues à la machine à traire. Bien connue également sous le nom de « traite humide », cette anomalie se traduit par une remontée de lait vers le trayon qui vient en quelque sorte laver l'extrémité des trayons dégageant ainsi et déposant autour de l'ouverture du canal des bactéries pathogènes enfouies dans les crevasses de la peau, les dépôts de kératine plus ou moins fissurés...

Cependant, de nombreuses observations de terrain montrent que des grandes variations cycliques de vide, provoquées par exemple par des faisceaux trayeurs inadaptés, peuvent se suffire à elles-mêmes pour favoriser des infections mammaires. Ceci semble être confirmé par une étude récente qui associe variations cycliques de vide et augmentation des numérations cellulaires (Rasmussen, 1998).

3.2 L'IMPACT DU LAIT CONTRE LE TRAYON

3.2.1. Description du phénomène

L'impact peut être décrit ainsi : lorsque de l'air entre brusquement dans l'installation de traite par la lèvres d'embouchure d'un manchon trayeur, il s'engouffre dans la griffe où il provoque une baisse du niveau de vide et une sorte d'aérosol avec le lait qui y séjourne encore. De fines gouttelettes pouvant être contaminées sont ainsi aspirées et propulsées à grande vitesse contre les extrémités des autres trayons. Si l'impact a lieu lorsque le canal du trayon est ouvert et surtout en fin de traite lorsque le flux de lait est plus faible ou intermittent, l'énergie

acquise par les gouttelettes contaminées est suffisante pour permettre la pénétration des bactéries dans le canal, voire dans la citerne du trayon. (Thiel et al. 1969 ; Le Du, 1977 ; Thompson et Pearson, 1979 ; O'Shea et al. 1984 ; Bramley, 1991).

3.2.2. Les causes

Les causes d'impact sont nombreuses et font intervenir aussi bien les éléments de la machine à traire que son utilisation.

3.2.2.1. Les variations de vide

Les variations cycliques de vide ne semblent toutefois pas susceptibles de générer une énergie suffisante aux gouttelettes de lait pour les introduire dans le canal ; il est cependant tout à fait vraisemblable que ce phénomène puisse être amplifié par de grandes variations irrégulières de vide. Ceci expliquerait pourquoi seule la combinaison fluctuations cycliques - variations irrégulières de vide a été déterminée comme cause favorisante des nouvelles infections.

3.2.2.2. Le glissement du manchon sur le trayon

Au cours de la traite, et pour des causes diverses : vide trop faible, poids du faisceau trop élevé, mauvaise adéquation manchon - trayon, lèvres d'embouchure du manchon déformée... etc., le manchon trayeur peut glisser le long du trayon sans obligatoirement chuter. Ce simple glissement peut entraîner une entrée d'air soudaine dans le faisceau trayeur et provoquer des impacts de lait contre les autres trayons de la même vache (O'Shea et al. 1975 ; O'Shea et al. 1976 ; O' Callaghan et al. 1976 ; O'Shea. 1978 ; O'Shea et al. 1979 ; Baxter et al. 1992).

Le tableau 3 montre l'effet important des glissements de manchons réputés comme principale source des impacts pendant la traite, sur les nouvelles infections mammaires.

Tableau 3 : Effet des glissements de manchons sur les nouvelles infections mammaires (d'après O'Shea, 1981).

Expérimentation	Nombre de nouvelles infections (% quartiers infectés)	
	Quartiers avec glissements	Quartiers sans glissements
1	33 (58 %)	9 (15 %)
2	17 (43 %)	3 (8 %)
3	23 (84 %)	7 (21 %)

3.2.2.4 La technique de traite

Pendant l'égouttage, en fin de traite, il n'est pas rare que le trayeur fasse entrer de l'air par l'embouchure d'un manchon trayeur, phénomène générateur d'impacts.

De même, lorsque la dépose du faisceau trayeur est réalisée avant la coupure complète du vide dans le faisceau, le trayeur arrache en quelque sorte un manchon d'un trayon en faisant ainsi revenir immédiatement le faisceau à la pression atmosphérique.

Il a été montré qu'une dépose agressive (arrachage des gobelets) avait une incidence marquée sur les nouvelles infections par rapport à une dépose douce après coupure complète du vide à la griffe (Griffin et al. 1982) (tableau 4).

Tableau 4 : Effet du type de dépose des faisceaux trayeurs sur les nouvelles infections

Type de dépose	Quartiers nouvellement infectés (%)		
	1	2	3
Essai			
Agressive	12/20 (60 %)	13/20 (65 %)	25/40 (62,5 %)
Douce	2/20 (10 %)	5/20 (25 %)	7/40 (17,5 %)

3.2.2. Les remèdes

Différentes solutions aux phénomènes d'impacts ont été essayées avec succès en supportant mécaniquement le faisceau trayeur pour limiter les glissements des manchons (O'Shea, 1981), en introduisant des boucliers à l'intérieur des manchons trayeurs (Griffin et al, 1980), en introduisant une bille anti-retour dans le trayon court à lait (système Hydramast) ou en trayant avec une griffe spéciale munie de billes anti-retour placées au niveau des entrées de lait (Griffin et al, 1988).

La présence de boucliers dans le manchon trayon a permis de limiter les conséquences des impacts de lait dans des conditions expérimentales (tableau 5).

Tableau 5 : Effet de la présence d'un bouclier dans le manchon trayeur sur le nombre de quartiers nouvellement infectés (Griffin et al, 1980)

Expérimentation	Nombre de quartiers nouvellement infectés (%)	
	Sans bouclier	Avec bouclier
1	27/40 (67,5 %)	1/40 (2,5 %)
2	19/40 (47,5 %)	6/40 (15 %)
3	10/40 (25 %)	0/40 (0 %)

Les résultats constatés en fermes commerciales sont bien moins convaincants puisqu'on n'observe seulement qu'une réduction des nouvelles infections de l'ordre de 10 %, sauf lorsque les trayons ne sont pas désinfectés après la traite (23 %) et pour les machines fonctionnant mal (hors normes) (49 %).

Ceci laisserait à supposer que les autres mécanismes de pénétration des micro-organismes sont souvent prépondérant par rapport au phénomène d'impact.

Pour limiter les glissements des manchons, le diamètre de la lèvre d'embouchure doit être en parfaite adéquation avec les trayons des vaches laitières. De plus, le niveau de vide doit être adapté en fonction du poids du faisceau trayeur. Les manchons à corps conique sont réputés mieux se maintenir sur les trayons que ceux à corps cylindrique (O'Shea et O'Callaghan, 1980) mais ont un effet plus négatif sur l'état des extrémités des trayons et la santé des mamelles (O'Shea, 1981 ; Hamann, 1987 ; Le Du et Taverna, 1989).

En règle générale, toutes dispositions permettant de favoriser l'évacuation du lait à travers le faisceau trayeur : diamètre du trayon court à lait et des entrées de lait dans la griffe, volume et forme de la griffe, conception du manchon trayeur, sont des éléments favorables au bon maintien du manchon sur le trayon pendant la traite.

3.3. LE GRADIENT DE PRESSION INVERSE

3.3.1. Description du phénomène

Des auteurs (Galton et al, 1988 ; Rasmussen et Aarestrup, 1995) ont mis en évidence que dans certaines conditions de traite, la pression à l'intérieur du sinus du trayon pouvait devenir plus faible que celle régnant au même moment sous le même trayon. Cette différence de pression (ou gradient) durerait environ 0,02 à 0,05 s avec une magnitude de 1,5 à 7 kPa, suffisante pour aspirer à l'intérieur du canal des micro-organismes présents ou déposés pendant la traite autour de l'orifice du canal. Le phénomène ne se produit que lorsque le trayon est vide.

3.3.2. Les causes

Le phénomène d'inversion de pression entre l'intérieur et l'extérieur du trayon serait provoqué d'abord par un effet soufflet consécutif à la vidange rapide du sinus, liée à des entrées d'air importantes sous le trayon sous la forme de glissements du manchon ou lors d'une dépose mal faite. Le phénomène serait

d'autant plus néfaste que la réserve réelle de vide de la machine à traire serait faible (tableau 6).

Tableau 6 : Fréquence d'apparition du phénomène d'inversion de pression en fonction des événements et de la réserve réelle (Galton et al, 1988)

Événements	Réserve réelle (l/min/poste)	
	120 l/min.	17 l/min.
Entrée d'air de 160 l/min.	50 %	75 %
Entrée d'air de 80 l/min.	0 %	5 %
Entrée d'air de 40 l/min.	0 %	5 %
Mauvaise dépose	30 %	50 %

Rasmussen et al (1994) ont identifié les risques d'apparition de l'inversion de pression : manipulation des trayons (54 %) pose des faisceaux (29 %), dépose (26 %) et beaucoup plus rarement pendant la traite (1 %).

3.3.3. Les remèdes

Pour éviter le phénomène de gradient de pression inverse, il convient tout d'abord de bien stimuler l'animal avant la traite pour obtenir une éjection du lait rapide et totale, déposer le faisceau trayeur dans de bonnes conditions, sans surtraite et de disposer d'une bonne machine à traire avec des manchons adaptés glissant le moins possible sur les trayons (Rasmussen et Aarestrup, 1995).

4. AUTRES PHENOMENES LIES A LA TRAITE

D'autres phénomènes liés à la traite sont susceptibles d'influencer la santé des mamelles des vaches laitières.

4.1 LES COURANTS VAGABONDS

Les courants vagabonds sont le plus souvent causés par des fuites électriques dues à des connexions défectueuses, des « terres » non adaptées ou des défauts électriques de l'installation de traite ou d'autres appareils fonctionnant dans son environnement immédiat.

Il a été prouvé que les vaches laitières étaient sensibles à une différence de potentiel de 1 volt (Cloud et al, 1980 ; Henke et al, 1984 ; Lefcourt et Ackers, 1982). Cette sensibilité peut se traduire par des troubles comportementaux, en particulier pendant la traite, une baisse de l'ingestion des fourrages et de l'eau, une baisse de production laitière et une augmentation des mammites.

En fait, l'influence directe des courants vagabonds sur l'augmentation des infections mammaires n'est pas évidente (Southwick et al, 1992 ; Spencer, 1984 ; Gumprich et Giesen, 1993). Il semble plutôt que l'influence sur la santé des mamelles, sans être clairement démontrée, puisse être due plus particulièrement à des traites incomplètes entraînées par les troubles comportementaux plutôt qu'aux courants vagabonds eux-mêmes.

4.2 FRÉQUENCE DE TRAITE ET TRAITE INCOMPLETE

Une traite incomplète qui laisse du lait dans les acini, a vraisemblablement des effets néfastes sur la santé des animaux en entraînant notamment une aggravation des infections en place, mais en favorisant également les nouvelles infections.

Il apparaît en effet que tout ce qui concourt à une vidange complète et fréquente de la mamelle en améliore la santé à condition que la machine ne soit pas un facteur aggravant. Par exemple, la plupart des éleveurs possesseurs de robots de traite où les vaches sont traitées 3 à 4 fois par jour ou plus, ont déclaré avoir observé dans leur troupeau une diminution sensible des mammites cliniques et des numérations cellulaires individuelles.

A l'inverse, la suppression d'une traite par semaine semblerait montrer des effets négatifs sur les numérations cellulaires, d'autant plus importants que le niveau cellulaire est plus élevé (Sterkers, 1997).

CONCLUSIONS

L'hygiène avant la traite est certainement l'un des facteurs de risques le plus facile, et le moins onéreux à contrôler mais elle ne peut être efficace qu'accompagnée de mesures de désinfection des trayons après la traite et d'un logement suffisamment sain pour conserver les trayons propres et secs.

Les facteurs de risques les plus importants mis en évidence par les recherches des 20 dernières années permettent de mieux comprendre l'influence de la machine à traire sur la pénétration des bactéries à l'intérieur du canal du trayon. Ils ont pour nom : fluctuations de vide, impacts, gradient de pression inverse... Cependant, les phénomènes mis en évidence séparément sont certainement beaucoup plus mêlés dans la réalité, ce qui en rend la compréhension beaucoup plus complexe. Remédier à l'un d'entre eux n'entraîne pas obligatoirement un allègement immédiat de la pression d'infection car d'autres éléments peuvent être en cause.

Quoiqu'il en soit, et malgré toutes les incertitudes qui règnent encore dans ce domaine, concevoir et monter des installations de traite selon les nouvelles normes entrées en vigueur en France en mai 1997 (NF ISO 5707 - 1997) permet maintenant de traire avec une bonne efficacité et limiter les infections dues à la machine à traire à condition que son utilisation soit bien maîtrisée et que son entretien soit toujours correctement réalisé.

Baxter J.D., Rogers G.W., Spencer S.B. and Eberhart R.J., 1992. Journal of Dairy Science 75, 1015-1018.

Billon P. et Le Du, 1986. In «Les mammites : comprendre et agir - CFITM, 25 nov. 1986, p. 1-30.

Billon P., 1991. Rapport interne Institut de l'Élevage.

Billon P. et Gaudin V., 1998. Rapport interne Institut de l'Élevage, 6 p.

Bushnell R.B., 1979. Dairy Herd Management, March 1979, 66-72.

Bramley A.J., 1978. In Proc. Int. Symp. Machine Milking. NMC. Arlington, VA.

Bramley A.J., 1991. In Machine Milking and lactation, 343-372.

Brandsna S. and Maatje K., 1980. Proc. Int. Workshop on Machine Milking and Mastitis. Moorepark - County Cork Ireland, 128-141.

Bronzo v., Hamann J., and Zeconni A., Proc. of the 3rd. IDF International Mastitis Seminar. Tel Aviv S7, 110-112.

Capuco A.V., Bright S.A., Wood D.L., Miller R.H. et Bitman J., 1990. Journal of Dairy Science. 73, 1745-1750.

Capuco A.V., Mein G.A., Nickerson S.C., Jack L.J., Wood D.L., Bright S.A., Aschenbrenner R.A., Miller R.H. and Bitman J., 1994. Journal of Dairy Science, 77, 64-74.

Cloud H.A., Appleman R.D., Gustafsen R.T., 1980. North Central Reg. Res. Publ. 125.

Clouet G., 1996. Rapport de stage. ESITPA - Institut de l'Élevage - 88 p.

Davison I., 1963. Res. Vet. Sci. n° 4, 64-76.

Du Preez J.H., 1985. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte, 37, 267-273.

Galton D.M. and Mahle M.S., 1980. In Proc. of the 19th Annual Meeting of Nat. Mastitis. Council, Louisville.

Galton D.M., Aneshansley D.J., Petersson L.G., Czarnieski C.S. and Scott N.R., 1988. In Proc. Milking Systems Milking Management. Harrisburg PA., p. 114.

Griffin T.K., Grindal R.J., Williams R.L., Neave F.K. and Westgarth D.R., 1982. Journal of Dairy Research, 49, 361-367.

Griffin T.K., Bramley A.J. and Dodd P.d ;, 1980 . In Proc. Inter. Workshop on Machine Milking and Mastitis. Moorepark. Ireland.

Griffin T.K., Grindal R.J. and Bramley A.J., 1988. Journal of Dairy Research, 55, 155-169.

Gumprich P.S. and Giesen L., 1993. National Mastitis Council Annual Meeting Proceedings.

Hamann J., 1987. In bull. IDF n° 215, 35-55.

Hamann J., Mein GA and Wetzel S., 1992. J. Dairy Science, 76, 1040-1046.

Henke D.V., Drenkard D.V., Gorewit R.C., Scott N.R., Sagi R., 1984. J. Dairy Science, 68, 2694.

Hogan J.S., Harmon R.J., Langlois B.E., Henken B.W; and Crist W.L., 1984. Journal of Dairy Science, 67, 1850-1859.

Jasper D.E. and Wittlestone W.G., 1976 ; Journal of Dairy Science. 59 : 2077.

Kingwill R.G., Dodd F.H. and Neave F.K., 1978. In Machine Milking. NIRD ?Reading,England.

Lacy Hulbert S.J., Hilerton E.J. and Woolford M.W., 1996. Journal of Dairy Research. 63, 517-524.

Langlois B., Cox J.S., Hemken R.H. and Nicolai J.H., 1981. Journal of Dairy Science, 64, 1837-1842.

Le Du J., 1977. Ann. Med. Vet., 121, 309-321.

Le Du J., 1983. Rapport INRA Rennes - France.

Le Du et Taverna M., 1989. Ann. de Zootechnie 38, 19-28.

Lefcourt A.M., Akers R.M., 1982. J. Dairy Science 65, 2125.

Mac Donald J.S., Kinsel M.L., Adams D.S. and Darlington R.L., 1993. Veterinary medicine, April, 382-386.

Mahle D.E., Galton D.M. and Adkinsen, 1982. Journal of Dairy Science, 65-1252.

Mein G.A. and Williams D.M., 1984. In. Proc. Nat. Mastitis Council - Arlington-VA, p. 4.

Mein G.A., Williams D.M. and Thiel C., 1987. Journal of Dairy Research, 54, 322-327.

Mein G.A. and Thompson P.D., 1993. Journal of Dairy Science, 76 : 3294-3300.

Menard J.L., 1992. CR essai n° 92039 41 p. + annexes.

Murdough P.A., Martus N.S., Mazzola G.J., Salamun D.M., Scudder P.J., Urbano M.A., Pankey J.W., 1991. Journal of Dairy Science, 74-204.

Natzke R.P., Everett R.W. and Bray D.R., 1982. Journal of Dairy Science, 65, 117-125.

Neave F.K., Oliver J. and Dodd F.H., 1957. In Rep. Nat. Inst. Res. Dairying, Reading - Engl, p. 42.

Neave F.K., Dodd F.H., Kingwill R.G. and Westgarth D.R., 1969. Journal of Dairy Science, 52, 696-707.

NF ISO 5707, 1997. 42 p.

Nicolai J.H., Cox J.S., Langlois B. and Henken R.H., 1977. Proc. Nat. Mast. Council Arlington-VA p.21.

Nyhan J.F., 1968. In Proc. Symp. Machine Milking - NIRD - Reading - England.

O'Callaghan E., O'Shea J., Meaney W.J. and Crowley C., 1975. Irish Journal of Agricultural Research 15, 401-417.

Olney G.R. and Mitchell R.K., 1983. Journal of Dairy Research 50-141.

O'Shea J., O'Callaghan E., Meaney W.J. and Crowley C., 1975. Irish Journal of Agricultural Research, 14, 372-375.

O'Shea J., O'Callaghan C., Meaney D.N.J. and Crowley C., 1976. Irish Journal of Agricultural Research, 15, 377-399.

O'Shea J. and O'Callaghan E., 1978. Proc. Int. Symp. of Machine Milking 17th Ann. Meeting National Mastitis Council - Louisville KY, 262-268.

O'Shea J., O'Callaghan E. and Measney W.J., 1979. Irish Journal of Agricultural Research, 18, 225-235.

O'Shea J. et O'Callaghan E., 1980. Experiments on Milking Machine components at Moorepark - 1976-1979 - An Foras Taluntais - Dublin, 170-191.

O'Shea J., 1981. Irish Veterinary Journal, 93-99.

O'Shea J., O'Callaghan E., Meaney W.J., 1984. Proc. 22th Ann. Meet. National Mastitis Council - Louisville - KY, 4-15.

Neave F.K., Dodd F.H., Kingwill GH and Westgarth D.R., 1969 . Journal of dairy Science 52 : 696-707.

Pankey J.W., Wildman E.E., Dreschler P.A. and Hogan J.J., 1987. Journal of Dairy Science, 70, : 867-872.

Pankey J.W., Murdough P.A., Wood D.L., Capuco A.V. et Bitman J., 1995. Proceedings of the 3rd IDF International Mastitis Seminar. Tel Aviv S2, 42-46.

Rasmussen M.D., Frimer E.S. and Decker E.L., 1994. Journal Dairy Science - 77, 984-993.

Rasmussen M.D. and Aarestrup F.M., 1995. Proc. Of the 3rd - IDF - International Mastitis Seminar - Tel Aviv, 57, 15-18.

Rasmussen M.D., 1998. Communication personnelle.

Reitsma S.Y., Cant E.J., Grindal R.J., Westgarth D.R. and Bramley A.J., 1981. Journal of Dairy Science, 64, 2240-2245.

- Schmidt-Madsen P. and Klastrup O., 1980.** Proc. Int. Workshop on Machine Milking and Mastitis. Moorepark, County Cork - Ireland, 137-141.
- Smith T.W., Eberhart R.J., Spencer S.B., Kesler E.M., Hargrove G.L., Wilson R.W. and Heald C.W., 1985.** Journal of Dairy Science. 68, 424-432.
- Serieys F et Poutrel B., 1992.** Compte rendu Institut de l'Élevage, Octobre 1992, 47 p.
- Southwick L.H., Wilson D.J., Sears M.P., 1992.** J.A.V.M.A. Vol. 201 n° 3.
- Spencer S.B., 1984.** Hoards Dairyman.
- Spencer S.B., 1991.** Journal of Dairy Science, 72 : 1907-1917.
- Sterkers M., 1997.** Rapport Interne EDE 29.
- Thiel C.C., 1975.** Proc. Seminar on Mastitis Central, 165-178.
- Thiel C.C., COUSINS C.L., Westgarth D.R. and Neave F.F., 1973.** Journal of Dairy Research n° 117-129.
- Thiel C.C., Thomas C.L., Westgarth D.R. and Reiter B., 1969.** Journal of Dairy Research. 36, 279.
- Thomas G.V., Force D.K., Brehel D.H. and Strasser S., 1990.** Journal of Dairy Science, 74, 1243-1249.
- Thompson P.D. and Pearson R.E., 1979.** Journal of Dairy Science, 62, 1314-1321.
- Trinidad P., Nickerson S.C. and Alley T.K., 1990.** Journal of Dairy Science, 73, 107-114.
- Walsh J.P. and Nyhan J.F., 1969.** In Animal Prod Res. Rep. Moorepark, County Cork, Ireland.
- Woolford M.W and Phillips D.S.M., 1978.** In Proc Int. Symp. On Machine Milking. NMC. Arlington, VA.
- Woolford M.W., Williamson J.H. and Phillips D.S.M 1980.** Proc. Int. Workshop on Machine Milking and Mastitis. Moorepark - County Cork - Ireland, 45-59.
- Woolford, 1995.** Proc. of the 3rd. IDF International Mastitis Seminar. Tel Aviv S7, 3-11.
- Zeconni A., Hamann j., Bronzo V. and Ruffo G., 1992.** Journal of Dairy Research, 59 : 265-271.