ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Année 2004 - Thèse n° ……

ACTIVITE DERMATOLOGIQUE
DE DEUX NOUVEAUX PRODUITS DE TREMPAGE
DU TRAYON CHEZ LA VACHE LAITIERE

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I
(Médecine - Pharmacie)
et soutenue publiquement le 28 juin 2004
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

DUMAS Emmanuel
Né le 19 février 1980
à *Lyon 4e*

DEPARTEMENTS ET CORPS ENSEIGNANT DE L'ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Directeur : Professeur J.-F. CHARY

Le 01 JANVIER 2004

DEPARTEMENT	PR.EX	PR1	PR2	MC	Contractuel, Associé & IPAC	AERC	Chargés de consultations et d'enseignement
DEPART SANTÉ PUBLIQUE VÉTÉRINAIRE							
Microbiologie, Immunologie, Pathologie Générale	Y. RICHARD			V. GUERIN-FAUBLEE 80 % A. KODJO D. GREZEL 80 %			
Pathologie infectieuse			A. LACHERETZ M. ARTOIS	J. VIALARD			
Parasitologie & Maladies parasitaires		G. BOURDOISEAU C. CHAUVE		MP CALLAIT CARDINAL L. ZENNER			
Qualité et Sécurité des Aliments		G. CHANTEGRELET	P. DEMONT C. VERNOZY	A. GONTHIER	S. COLARDELLE ISPV		
Législation & Jurisprudence			A. LACHERETZ				
Bio-Mathématiques				P. SABATIER M.L. DELIGNETTE 80 % K. CHALVET-MONFRAY			
DEPART DES ANIMAUX DE COMPAGNIE							
Anatomie		E. CHATELAIN	T. ROGER	S. SAWAYA	R. DA ROCHA CARARO MCC		
Chirurgie et Anesthésiologie		J.P GENEVOIS	D. FAU E. VIGUIER D. REMY		S. JUNOT MCC K. PORTIER MCC C. DECOSNE-JUNOT MCC	C. CAROZZO	BENREDOUANE K. (50 %) G. CHANOIT A. MUGUET J. GUILLAUMIN
Anatomie-pathologique/Dermatologie-Cancérologie		J.P. MAGNOL		T. MARCHAL	D. WATRELOT-VIRIEUX MCC P. BELLI MCA D. PIN MCA		
Médecine interne		J.L. CADORE C. FOURNEL		L. CHABANNE	JL. BOULAY PRA M. HUGONNARD MCC	F. PONCE C. ESCRIOU	I. BUBLOT (60 %)
Imagerie médicale					F. DURIEUX (50 %) MCC		F. DURIEUX (25 %)
DEPART DES PRODUCTIONS ANIMALES							
Zootechnie, Ethologie & Economie rurale		M. FRANCK		LETERME P.		L. MOUNIER	
Nutrition et Alimentation				D. GRANCHER L. ALVES de OLIVEIRA G. EGRON-MORAND			
Biol & Patho de la Reproduction		F. BADINAND	M. RACHAIL-BRETIN	S. BUFF P. GUERIN S. MARTINOT			
Patho Animaux de Production		P. BEZILLE	T. ALOGNINOUWA	R. FRIKHA M.A. ARCANGIOLI D. LE GRAND	D. LAURENT (50 %) MCA		N.GIRAUD P. DEBARNOT D. LAURENT
DEPART SCIENCES BIOLOGIQUES							
Physiologie /thérapeutique	R. BOIVIN			J.J. THIEBAULT J.M. BONNET-GARIN 90 %			
Biophysique /Biochimie Génétique et Biologie moléculaire		F. GARNIER	E. BENOIT F. GRAIN P. JAUSSAUD P. BERNY	T. BURONFOSSE V. LAMBERT			
Pharmacie / Toxicologie Législation du Médicament		G. KECK					
Langues					C. FARMER IPAC R. SULLIVAN IPAC		
DEPART HIPPIQUE							
Pathologie équine Clinique équine		JL. CADORE O. LEPAGE		A. LEBLOND A. BENAMOU-SMITH E. CAUVIN			
Expertise nécropsique			C.FLEURY				

A Monsieur le professeur FLANDROIS
Professeur à la Faculté de Médecine de Lyon

Qui nous fait l'honneur de présider le jury de notre thèse
Hommages respectueux

A Monsieur le professeur BADINAND
Professeur à l'Ecole nationale Vétérinaire de Lyon

Qui a encadré et guidé notre travail avec disponibilité
En témoignage de notre profonde reconnaissance

A Monsieur le professeur KECK
Professeur à l'Ecole nationale Vétérinaire de Lyon

Qui nous fait l'honneur de participer à notre jury de thèse
Sincères remerciements

Au Docteur Norbert GIRAUD
Chargé de consultation et d'enseignement à l'unité clinique rurale de l'ENVL

Reçois ici toute ma reconnaissance pour ton aide et tes conseils
Merci de nous faire partager tes connaissances
avec tant d'enthousiasme, de patience et de gentillesse

A Monsieur CALLET et Monsieur STAMPFER

A mon pépé et ma mémé,

A mes parents,
En remerciement de votre soutien de chaque instant et de vos conseils toujours éclairés. Recevez ici le témoignage de mon amour et d'une profonde reconnaissance

A Marie, Guillaume et Matthieu,
En souvenir de notre douce enfance et si la vie nous éloigne momentanément sachez que je vous aime tendrement

A mon grand-père et ma grand-mère (et alma),
En remerciement de vos encouragements et de votre présence rassurante. En témoignage de mon amour

A toutes ma famille éparpillée, oncles et tantes, cousins et cousines. En espérant vous voir plus souvent

A Nico, amis de la première heure.
Pour ses années passées inoubliables et celles à venir. Que notre amitié soit aussi forte qu'elle a été jusque là.

A la Tarvel company®, Joce, Cathou (et le p'tit), Auré, Toun , Héloïse, Rom', Estelle, Zous, Betty, Zim, Le poulot (bastide) et Lolo.
Pour tous ces moments de franche rigolade, les grandes tablées, les anniversaires « surprises », les craquages de révisions à 1h du mat', les parties de Worms et de Mario Kart, la piscine de Joce, la Nintendo 64 d'Auré, les suppo' de Toun, la chaise qui grince de Zous, la grande bouche de marseillais de Romain, et tous ces instants passés …

Au groupe 12, parents et enfants, et particulièrement à ma maman Claudia qui m'a partagé son expérience et son savoir : parce que tu le « veau » bien et à Bed qui aura été un bon fiston sachant que l'on a quand même pas des métiers faciles.

Aux joueurs qui auront composés l'équipe de rugby de l'école, anciens voire plus et nouveaux. Pour tous ces moments de sueur, parfois de douleur, parfois de victoire mais surtout de plaisir. Et à la cuvée 2003-2004, pour cette finale (enfin) gagnée.

Aux compagnons d'école : Alliage, Baba, Cédric et les autres, toutes promos confondues, que je ne pourrais tous cité ici sans en oublier, mais avec qui l'on prenait tant de plaisir à discuter un bout à la K'fet entre un verre, un café, une partie de coinche ou un baby.

A Henri, que longtemps encore tu hantes les couloirs de l'école.

« Mon fils, n'oublie pas mes enseignements,
Et que ton cœur garde mes préceptes ; […]
Tu acquerras ainsi de la grâce et une raison saine,
Aux yeux de Dieu et des hommes.
Confie-toi en l'Eternel de tout ton cœur,
Et ne t'appuie pas sur ta sagesse ;
Reconnais-le dans toutes tes voies,
Et il aplanira tes sentiers. »

Proverbes 3.1-6

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION 5

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE 7

1 ASPECTS GENERAUX 9

1.1 LE TRAYON DE LA VACHE 9

1.1.1 Développement du trayon et de la mamelle 9

1.1.1.1 Phase anhormonale 9

1.1.1.2 Phase hormonale 11

1.1.2 Structure et anatomie du trayon 13

1.1.3 Physiologie du trayon 15

1.1.3.1 Lors de la traite 15

1.1.3.2 Mécanismes de défense 15

1.1.4 Pathologie de la peau du trayon 17

1.1.4.1 Lésions de la peau du trayon 17

1.1.4.2 Lésions d'origine bactérienne 19

1.1.4.2.1 Staphylococcie 19

1.1.4.2.2 Thélite nodulaire tuberculoïde 19

1.1.4.3 Lésions d'origines virales 21

1.1.4.3.1 Pseudo-variole 21

1.1.4.3.2 Thélite ulcérative herpétique 21

1.1.4.3.3 Papillomatose 21

1.1.4.4 Autres lésions 23

1.1.4.5 Lésions dues à la machine à traire 25

1.1.4.5.1 Congestion et œdème 25

1.1.4.5.2 Eversion du canal 25

1.1.4.5.3 Lésions internes du canal 25

1.1.4.5.4 Anneau de compression 25

1.2 LES INFECTIONS MAMMAIRES 27

1.2.1 Définition 27

1.2.2 Agents pathogènes 27

1.2.3 Facteurs prédisposants 31

1.2.3.1 Facteurs prédisposants intrinsèques 31

1.2.3.1.1 Facteurs anatomiques 31

1.2.3.1.2 Facteurs liés à la lactation 33

1.2.3.2 Facteurs prédisposants extrinsèques 34

1.2.3.2.1 Facteurs environnementaux 34

1.2.3.2.2 Conditions de traite 37
1.2.4 Pathogénie des infections mammaires 40
1.2.4.1 Franchissement du canal du trayon 40
1.2.4.2 Phase d'invasion 40
1.2.5 Plan de lutte contre les mammites 41
1.2.5.1 Prévenir les nouvelles infections 41
1.2.5.2 Eliminer les infections en place 41
2 LES PRODUITS DE TREMPAGE 43
2.1 HISTORIQUE 43
2.2 OBJECTIFS ET LIMITES 44
2.2.1 Objectifs du trempage des trayons 44
2.2.2 Limites du trempage des trayons 44
2.3 COMPOSITION DES PRODUITS DE TREMPAGE 46
2.3.1 Différents types d'antiseptique 46
2.3.1.1 Dérivés iodés 46
2.3.1.2 Chlorhexidine 46
2.3.1.3 Composés chlorés 47
2.3.1.4 Agents tensio-actifs 47
2.3.2 Agents adjuvants 48
2.3.3 Barrières physiques 49
2.4 QUALITES REQUISES POUR UN PRODUIT DE TREMPAGE 50
2.4.1 Activité antiseptique 50
2.4.1.1 Spectre d'action 50
2.4.1.2 Variation de l'activité antiseptique 50
2.4.1.3 Marge de sécurité 50
2.4.1.4 Phénomène de résistance 51
2.4.1.5 Rémanence 51
2.4.2 Toxicité 51
2.4.3 Absence de modification du lait 52
2.4.3.1 Absence de résidus 52
2.4.3.2 Caractères physico-chimiques et organoleptiques 52
2.4.3.3 Action sur la flore lactique 52
2.4.4 Facilité d'emploi et aspect économique 52
2.5 TECHNIQUE D'APPLICATION DU PRODUIT DE TREMPAGE 53
2.6 STOCKAGE 54
2.7 LEGISLATION 54
2.8 TESTS D'EFFICACITE DES PRODUITS DE TREMPAGE 55

ETUDE EXPERIMENTALE 57
1 OBJECTIFS DE L'ESSAI 59
2 MATERIEL ET METHODES 59
2.1 PLAN DE L'ESSAI 59
2.1.1 Centre 59
2.1.2 Période 59
2.1.3 Durée de l'essai 59
2.2 PRODUITS ETUDIES 60
2.2.1 Produits à l'essai 60
2.2.2 Produits de référence 60
2.2.3 Conditions d'administration 60
2.3 SUJETS DE L'ESSAI 61
2.3.1 Sélection des élevages 61
2.3.2 Sélection des sujets 61
2.3.2.1 Critères d'inclusion et de non-inclusion 61
2.3.2.2 Répartition des animaux dans les lots 61
2.4 CRITERES D'EVALUATION 62
2.5 NOMBRE DE SUJETS NECESSAIRES 62
2.6 METHODE STATISTIQUE D'ANALYSE 62
2.7 CONDUITE DE L'ESSAI 63
2.7.1 Organisation générale 63
2.7.2 Identification des animaux 63
2.7.3 Calendrier 64
3 RESULTATS 65
3.1 PRODUIT 1 65
3.1.1 Description des sujets 65
3.1.2 Comparaison des lots à J0 66
3.1.3 Conduite du protocole 67
3.1.4 Evolution de la qualité des trayons 68
3.1.4.1 Notes d'état de la peau 68
3.1.4.1.1 Description classe par classe 68
3.1.4.1.2 Evolution de l'état de la peau 70
3.1.4.2 Lésions 73
3.1.4.2.1 Les papillomes (ou verrues) 73
3.1.4.2.2 Les croûtes 74
3.1.4.2.3 Les éversions du bout du trayon 75
3.1.4.2.4 Mammites et comptage cellulaire 77

3.2 PRODUIT 2 *79*
3.2.1 Description des sujets 79
3.2.2 Comparaison des lots à J0 80
3.2.3 Conduite du protocole 81
3.2.4 Evolution de la qualité des trayons 82
3.2.4.1 Notes d'état de la peau 82
3.2.4.1.1 Description classe par classe 82
3.2.4.1.2 Evolution de l'état de la peau 84
3.2.4.2 Lésions 86
3.2.4.2.1 Les papillomes (ou verrues) 86
3.2.4.2.2 Les croûtes 87
3.2.4.2.3 Les éversions du bout du trayon 88
3.2.4.2.4 Mammites et comptage cellulaire 89
4 DISCUSSION 91
4.1 PLAN DE L'ESSAI *91*
4.2 CRITERES D'EVALUATION *92*
4.2.1 Note d'état de la peau 92
4.2.2 Lésions de la peau 95
4.3 PRODUIT 1 *96*
4.4 PRODUIT 2 *97*
4.5 CONSOMMATION ET FACILITE D'EMPLOI *98*
CONCLUSION 99
ANNEXES 101
BIBLIOGRAPHIE 113

INTRODUCTION

Les quatre quartiers mammaires de la vache sont regroupés en région inguinale pour former le pis. Chaque quartier s'ouvre par un orifice unique au bout du trayon. La peau du trayon est glabre et dépourvue de glandes sudoripares. Les structures du trayon sain joue un rôle de premier ordre dans la lutte contre les infections mammaires en s'opposant à la pénétration des germes. Cependant les contraintes de la traite et l'intensification de la production ont fait des infections mammaires un problème majeur dans la conduite d'un troupeau de vaches laitières. La maîtrise du taux d'infection est complexe et passe par la connaissance des différentes épidémiologies et pathogénies des espèces bactériennes mises en cause et par la maîtrise tant de la machine à traire que de l'hygiène de la traite, de l'environnement et de la gestion des traitements des infections.

Le trempage des trayons après la traite aussi appelé « post-trempage » constitue une des mesures préventives des infections mammaires. Son efficacité comparée à sa facilité de mise en œuvre et à son coût réduit en font, actuellement, une mesure incontournable. Sa mise en place diminue l'incidence des infections mammaires d'au moins 50 %. L'objectif principal du post-trempage est de détruire rapidement, par des agents antiseptiques, les germes déposés lors de la traite avant qu'ils ne colonisent la mamelle. Un second objectif non négligeable est de réhydrater, par ses agents adjuvants, les couches superficielles de l'épiderme et de redonner à la peau du trayon, après la traite, ses qualités d'élasticité et de résistance

La réalisation d'essais visant à démontrer l'efficacité d'un produit de trempage n'est pas une obligation pour les industriels mais c'est un argument de choix pour positionner un nouveau produit sur le marché. Des essais *in vitro* sont réalisables mais les essais sur le terrain rendent mieux compte des différents aspects du vivant. Le critère actuel d'efficacité sur le terrain est la capacité du produit à réduire le taux d'infection mammaire dans le lot traité par rapport à un lot témoin. Des protocoles ont été décrits et validés aux Etats-Unis et en Europe. Cependant la réalisation de tels essais est relativement chère et contraignante. Compte tenu de l'importance de la qualité de la peau du trayon dans les mécanismes conduisant aux infections de la mamelle, l'efficacité dermatologique d'un produit de trempage semble aussi importante à mettre en évidence.

Nous reviendrons donc tout d'abord sur le trayon puis sur les agents et les mécanismes des infections mammaires. Nous décrirons ensuite les données actuelles sur les produits de trempage. Dans une deuxième partie, nous exposerons le protocole et la réalisation d'un essai visant à démontrer l'efficacité dermatologique de deux nouveaux produits de trempage.

PREMIERE PARTIE

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1 ASPECTS GENERAUX

1.1 LE TRAYON DE LA VACHE

1.1.1 DEVELOPPEMENT DU TRAYON ET DE LA MAMELLE

Le développement du trayon est étroitement lié à celui de la mamelle. On distingue deux étapes. Pendant la vie fœtale, les ébauches des structures mammaires sont mises en place. Ensuite, à la puberté et en fin de la gestation, la mamelle prend tout son volume et son activité devient maximale. Cette deuxième phase est sous l'influence des hormones sexuelles. [4]

1.1.1.1 PHASE ANHORMONALE

Durant la période fœtale, chez la vache dès le 80e jour, apparaissent en région ventrale deux crêtes mammaires, une de chaque coté de l'embryon s'étendant de la région axillaire à la région inguinale. Elles portent des bourgeons mammaires primaires qui sont des différenciations en nodule de l'ectoderme (figure 1). Les crêtes et la plupart des bourgeons s'effacent pour ne laisser que quatre bourgeons inguinaux qui seront à l'origine des quatre quartiers de la mamelle. Des bourgeons secondaires se développent en profondeur, à la périphérie du bourgeon primaire. Puis ils s'allongent et se ramifient en formant les ébauches des conduits et des alvéoles. Cela constitue une glande mammaire. Un quartier est constitué d'une vingtaine de glandes mammaires.

En surface se réalise une kératinisation et la dégénérescence de l'ectoderme qui préludent à la formation d'une dépression circulaire : la *fovea*. Celle-ci accueillera les conduits des glandes mammaires. Chez la vache, cette fovéa est portée par une petite élévation: la papille mammaire (figure 1). A la puberté la papille mammaire s'allonge. Le bourgeon primitif s'enfonce profondément et se creuse en un sinus lactifère. Ainsi la fovéa est située dans une cavité vaste et profonde qui communique avec l'extérieur par un conduit, de gros diamètre, porté par une papille allongée : le trayon. [1]

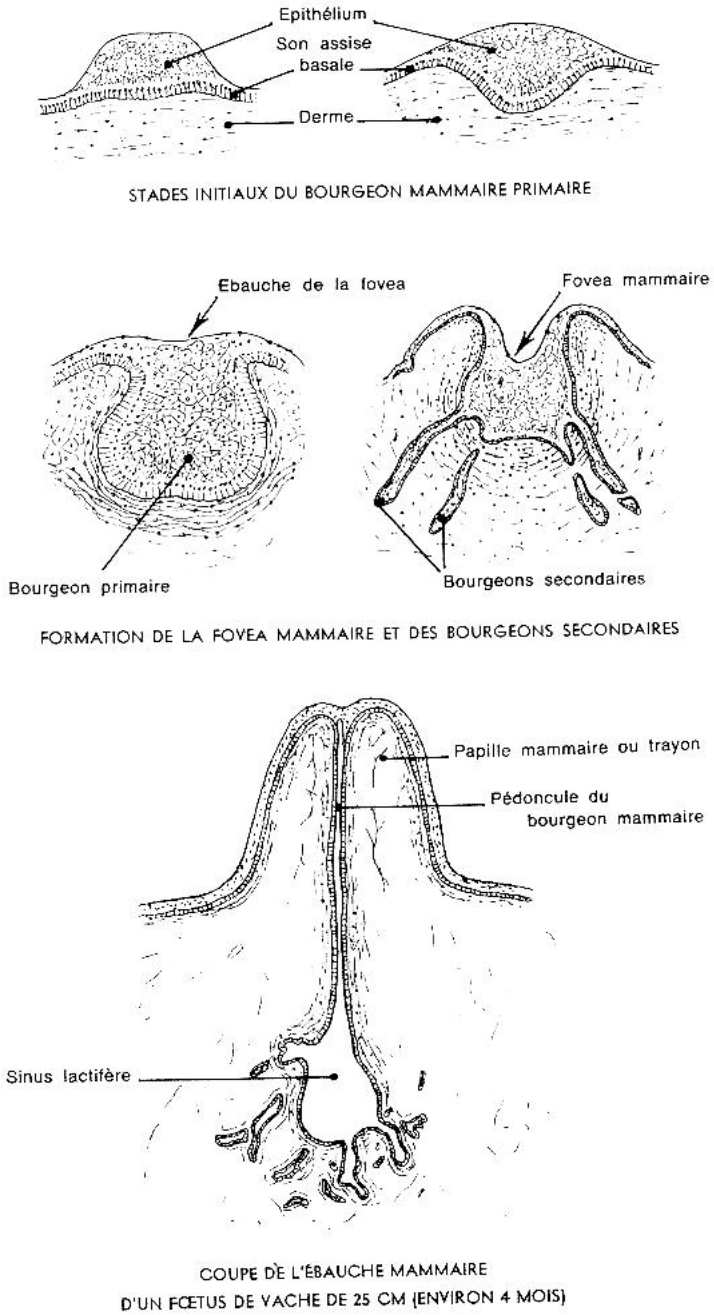


Figure 1 : Mise en place des bourgeons mammaires d'après [1]

1.1.1.2 PHASE HORMONALE

A partir de la puberté, les bourgeons mammaires se développent sous l'influence des hormones femelles. Les œstrogènes favorisent la ramification des bourgeons mammaires secondaires et la progestérone est à l'origine de la différenciation de l'extrémité des conduits en acini et alvéoles glandulaires. Les ramifications se creusent en leur centre pour donner des canaux tapissés de cellules épithéliales : les conduits alvéolaires. Ils débouchent dans la fovéa par un ostium. Les alvéoles sont tapissées par les lactocytes. Les quatre quartiers augmentent de volume avec le développement conjoint de tissus adipeux et conjonctif et la mise en place de tissu fibreux de soutien, du système circulatoire sanguin et lymphatique et du système nerveux. (figure 2) [4]

Chez la vache en gestation, après le 5e mois, le développement de la mamelle s'active. En fin de gestation, la mamelle devient fonctionnelle : les lactocytes élaborent le colostrum puis le lait. Au tarissement, les lactocytes réduisent leur activité progressivement. La lumière alvéolaire se réduit par une augmentation de volume du stroma périalvéolaire. La phase d'involution prend fin 3 à 4 semaines environ après l'arrêt de la traite. Celle-ci modifie également les caractéristiques morphologiques et histologiques du trayon. Dans un premier temps, sa longueur se réduit sous l'effet de la pression de lait. On observe également une dilatation provisoire de sa lumière après 7 jours de tarissement. Son épithélium s'atrophie progressivement au cours des 30 premiers jours (50 % des trayons sont obturés après 7 jours). Il en résulte une pénétration beaucoup plus difficile des germes. [19]

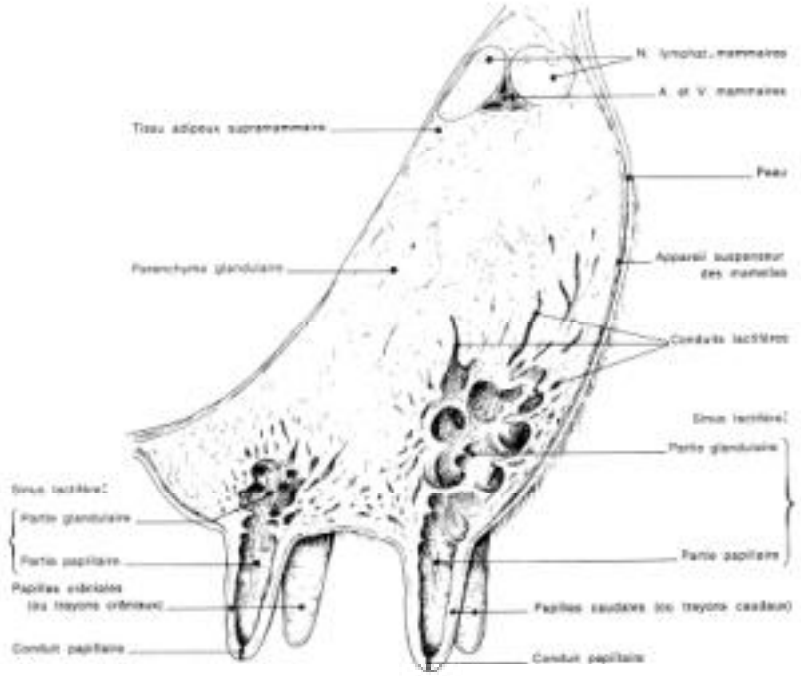


Figure 2 : Coupe sagittale de la mamelle passant par le quartier gauche d'après [1]

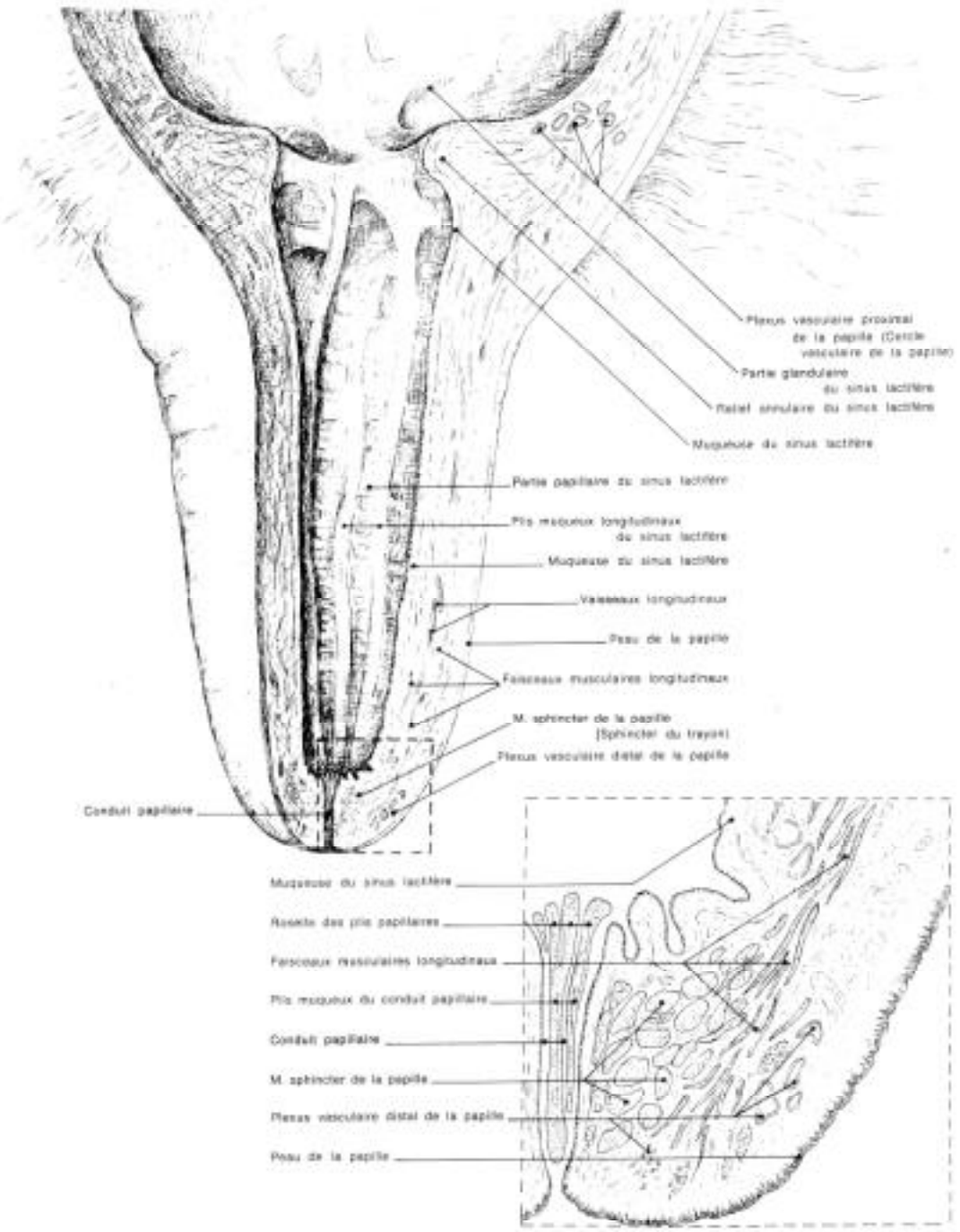


Figure 3 : Conformation et structure du trayon chez la vache d'après [1]

1.1.2 STRUCTURE ET ANATOMIE DU TRAYON

Le trayon est occupé en grande partie par la partie papillaire du sinus lactifère. Celle-ci est longue de 5 à 6 cm et pourvue de plis longitudinaux effaçables par distension. Ce sinus communique avec l'extérieur par un conduit papillaire : le canal du trayon. Celui-ci est long de 8 à 10 mm, sa paroi appliquée contre elle-même au repos est extensible jusqu'à 6-7 mm (figure 3) [1].

La peau du trayon est glabre et dépourvue de glandes sudoripares, sébacées ou muqueuses. L'épiderme de la peau du trayon est constitué de plusieurs couches de cellules superposées subissant la kératinisation. (figure 4) Un épithélium de type pavimenteux tapisse l'intérieur du canal et du sinus dont les replis forment des nervures verticales. En se réunissant en haut du trayon, ces nervures constituent le repli annulaire et, en bas à la limite sinus-canal, constituent la rosette de Fürstenberg. A la périphérie de cette dernière, des faisceaux longitudinaux de fibres musculaires lisses forment une couche très mince et discontinue, extérieurement à laquelle des fibres circulaires plus abondantes constituent le sphincter de la papille, lâche et mal délimité. Ce dernier maintient le conduit fermé. L'épithélium interne subit une dégénérescence cornée importante qui forme d'innombrables plaques de kératine. (figure 5) Le raccordement de cet épithélium avec l'épithélium cutané se fait au niveau de l'ostium papillaire en formant un anneau blanc. (figure 6) Le trayon est aussi pourvu d'un important réseau vasculaire artériel, veineux et lymphatique. Le système nerveux comporte de nombreuses terminaisons tactiles et thermoréceptrices. [1]

L'état d'hydratation de l'épiderme est régulé par les échanges d'eau avec le derme sous-jacent contenant 70 % d'eau et avec l'atmosphère. La couche superficielle (*stratum corneum*) contient 10-20 % d'eau. Elle dispose d'une capacité de rétention hydrique régulée par un film hydrolipidique constitué de sels minéraux, d'acides aminés, de substances organiques assurant l'acidité de la surface (pH entre 4,5 et 7) et des glycérides et acide gras provenant de la dégradation des triglycérides par les lipases bactériennes de la flore résidente de la peau. Ce film naturel joue un rôle protecteur en évitant la pénétration des substances étrangères et en régulant les échanges hydriques. En dessous de 10 % d'eau, la peau devient cassante. [17]

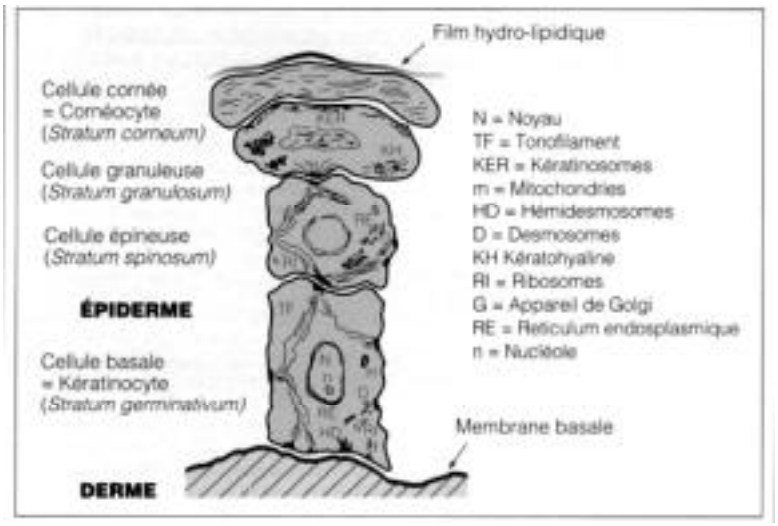


Figure 4 : Coupe schématique de peau d'après [17]

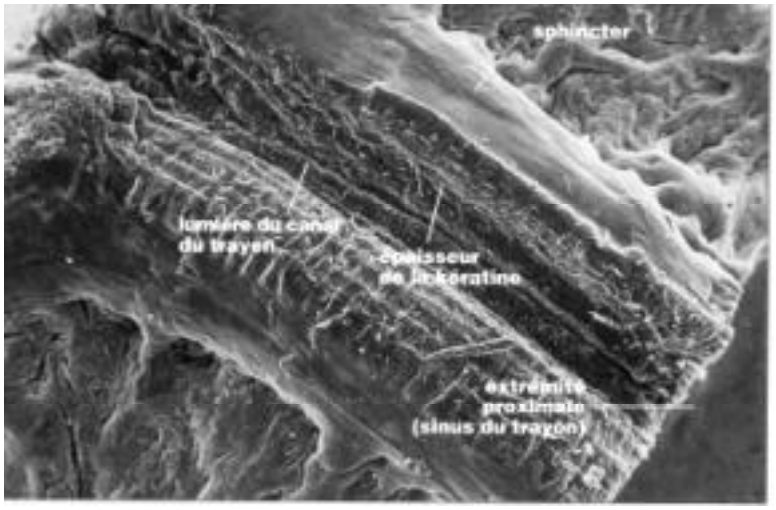


Figure 5 : Vue du canal du trayon en microscopie à balayage (x 80) d'après [17]

Figure 6 : Extrémité du trayon sain (photo personnelle)

1.1.3 PHYSIOLOGIE DU TRAYON

1.1.3.1 LORS DE LA TRAITE

Le trayon porte l'orifice unique du quartier mammaire. En s'ouvrant, il permet l'évacuation du lait lors de la tétée ou lors de la traite. Son fonctionnement est induit par une commande neuro-hormonale. Lors de la préparation de la mamelle avant la traite (nettoyage, observation des premiers jets), il y a stimulation par relais nerveux de la post-hypophyse et sécrétion d'ocytocine. Celle-ci va avoir une action de courte durée, avec une contraction des cellules myo-épithéliales des alvéoles et un relâchement du sphincter qui favorise la descente du lait.

L'orifice du canal s'ouvre pour passer d'un diamètre virtuel à un diamètre de 0,4 à 0,8 mm. Puis, sous la poussée du lait, ce diamètre va encore augmenter jusqu'à 3 à 4 mm. En fin de traite, le sphincter se contracte progressivement pour totalement se fermer en deux heures. [4]

1.1.3.2 MECANISMES DE DEFENSE

Le trayon joue un rôle de premier ordre dans la prévention des infections. Il s'oppose à la pénétration des germes par sa conformation et par son fonctionnement.

Tout d'abord, à l'apex du trayon, les fibres musculaires lisses associées aux fibres élastiques et à celles de collagène se condensent en un sphincter assurant l'occlusion du canal. Il constitue de ce fait un élément de résistance à la remontée des germes par capillarité dans le lait. De plus, les replis internes du canal formant la rosette de Fürstenberg contribuent à obstruer la lumière du canal du trayon.

Sur le plan de son fonctionnement, le renouvellement des écailles de kératine piège en permanence les germes présents dans le canal du trayon. La kératine est issue de la dégénérescence de l'épithélium et il faut trois jours pour qu'elle se reconstitue. On a pu évaluer qu'après une exposition des trayons à une suspension de *Streptococcus agalactiae*, le taux d'infection mammaire n'est que de 8,3 % si la kératine est en place, contre 26,3 % si cette couche a été enlevée [17]. De plus, la kératine exerce une activité bactériostatique via différentes substances auxquelles elle sert de support de fixation (acide laurique, acide oléique, défensine, xanthine-oxydase). D'autre part, s'il y a une contamination de la mamelle, le flux de lait à chaque traite est un frein à l'attachement et à la colonisation des bactéries et favorise leur élimination du quartier. Enfin, pendant la période de tarissement, la présence d'un bouchon de kératine dans le canal du trayon et la présence d'un très faible volume de liquide (3 à 400 ml) riche en lactoferrine (15 à 20 g /l), en immunoglobulines (20 à 30 g par litre) et en leucocytes (plusieurs millions par ml) contribue à rendre la glande mammaire peu sensible aux infections. [19]

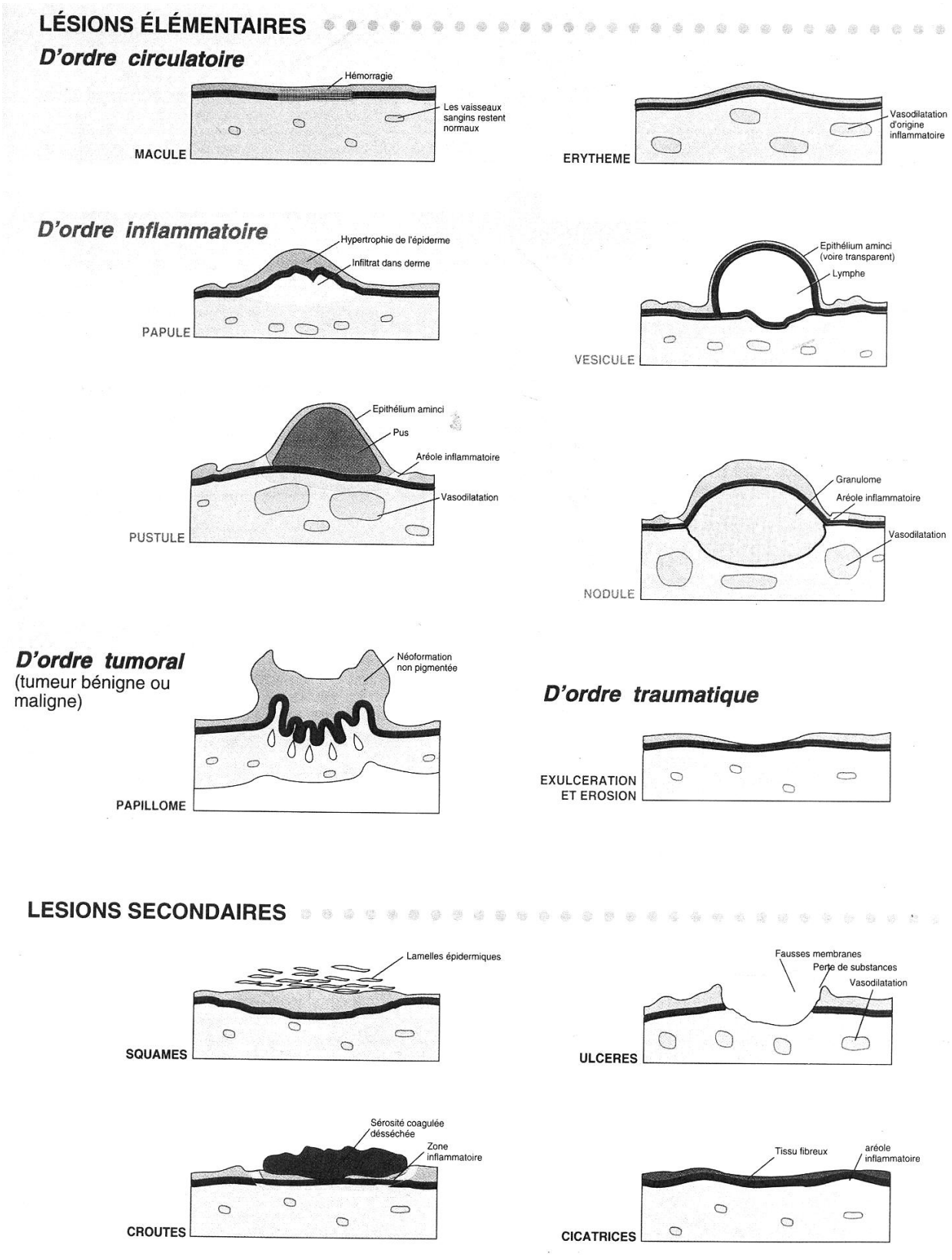


Figure 7 : Lésions de la peau du trayon d'après [4]

1.1.4 PATHOLOGIE DE LA PEAU DU TRAYON

1.1.4.1 LESIONS DE LA PEAU DU TRAYON

Les lésions de la peau du trayon peuvent être étudiées en fonction de leur origine : (figure 7) [4]

Circulatoire

- Macule : tache limitée, de nature hémorragique (pétéchie, purpura, ecchymose)
- Erythème : lésions diffuses de nature congestive disparaissant à la pression. Cela correspond à une dilatation des vaisseaux d'origine inflammatoire.

Inflammatoire

- Papule : surélévation liée à un infiltrat dermique. Elle est circonscrite, globuleuse et disparaît sans cicatrice.
- Vésicule : ou bulle, aphte ou phlyctème. C'est un soulèvement de l'épiderme qui contient une sérosité (lymphatique au début). Elle est repoussée vers l'extérieur et éclate en laissant couler un liquide clair (fièvre aphteuse, maladie vésiculeuse).
- Pustule : soulèvement épidermique contenant un liquide purulent et entouré d'une auréole inflammatoire. Elle éclate en laissant couler du pus et il y a formation d'une croûte.
- Nodule : formation endodermique, de consistance solide avec une auréole inflammatoire. Elle laisse souvent une cicatrice après résorption.

Tumorale

- Papillome : néoformation circonscrite, solide, non métastatique, non pigmentée. Elle se forme à partir de l'épiderme sur une couche muqueuse de Malpighi déformée.

Traumatique

- Exulcération / érosion : elle n'intéresse que l'épiderme et contient plus ou moins des sérosités ou du tissu nécrosé.

Secondaire

- Squames : proviennent de la couche cornée de l'épiderme. Elles se forment en quantité importante, ce qui les rend visibles.
- Ulcère : lésion de l'épiderme avec perte de substance, la peau semble creusée. De la fibrine, des fausses membranes, du pus ou des tissus nécrosés sont retrouvés au fond de l'ulcère on trouve.
- Croûte : solidification à la surface de la peau des sécrétions diverses, des sérosités ou de liquides extravasés. Elle constitue une irritation pour la peau et est entourée d'une auréole inflammatoire.
- Cicatrice : zone de réparation cutanée, au niveau du derme avec formation de tissu fibreux différent du tissu d'origine.

Figure 8 : Lésions de staphylococcies (photo personnelle)

Figure 9 : Lésions de thélite nodulaire (photos personnelles)

1.1.4.2 LESIONS D'ORIGINE BACTERIENNE

1.1.4.2.1 Staphylococcie

C'est une affection purulente de la peau du trayon, il y a formation de petites pustules ou colonisation de plaies préexistantes, le plus souvent par *Staphylococcus aureus* (figure 8). La présence de lésions cutanées est considérée comme prédictive d'une colonisation de l'orifice du trayon et de mammite [15]. La staphylococcie a un caractère sporadique ou enzootique et contagieux mais le traitement est facile notamment par les désinfectants contenus dans les produits de trempage. Elle est rarement transmissible à l'homme [17].

1.1.4.2.2 Thélite nodulaire tuberculoïde

C'est une inflammation nodulaire localisée au trayon dont l'étiologie a été rapportée à une mycobactérie, les animaux atteints présentant une réaction d'hypersensibilité à la tuberculine. Cependant il reste des interrogations quant à l'identité de cette mycobactérie classée parmi les mycobactéries atypiques. Elle est dénommée « *Mycobacterium aquae (scrofulaceum)*» par Joubert [21] et « *M.* gordonae » par Benet [2]. Mais d'après Euzeby [9], « la nomenclature de *Mycobacterium aquae* a été primitivement proposée par Maie en 1922 puis par Jenkins et al. en 1972. Toutefois, la souche considérée comme la souche type de *Mycobacterium aquae* appartient en fait à l'espèce *Mycobacterium smegmatis*. De plus, le nom de *Mycobacterium aquae* a été utilisé par d'autres auteurs pour désigner des souches de *Mycobacterium gordonae*. La Commission Judiciaire a considéré que l'utilisation de *Mycobacterium aquae* pouvait être à l'origine de confusions et elle a placé cette nomenclature sur la liste des épithètes ou sous-spécifiques rejetées (*Nomen rejiciendum*) ». Quoiqu'il en soit, cette mycobactérie atypique est non spécifiquement pathogène et est largement présente dans l'environnement. Il existe des porteurs sains. Il semblerait que la bactérie pénètre dans l'épiderme à la faveur d'une effraction cutanée et notamment on a pu mettre en évidence la présence de petits ulcères probablement d'origine virale [21]. Il y a formation d'une induration décelable à la palpation puis d'un nodule douloureux qui peut obstruer la canal du trayon, gênant la traite. (figure 9) En quelques jours ou quelques semaines, se crée une ulcération importante avec écoulement d'un pus grumuleux et une croûte souvent arrachée lors de la traite mécanique, ce qui engendre de la douleur et un retard à la cicatrisation. La thélite nodulaire tuberculoïde est une affection chronique de caractère enzootique. Il n'y a pas de spécificité raciale bien que d'après [12] les races pie rouge sembleraient plus touchées. Les jeunes animaux de moins de 6 ans sont atteints. L'importance de cette pathologie est non négligeable car il existe une communauté antigénique avec l'agent de la tuberculose, ce qui peut conduire à des intradermo-réactions positives ou douteuses à la tuberculinisation. Il n'existe pas de traitement efficace.

Figure 10 : Lésions de pseudo-variole (photo personnelle)

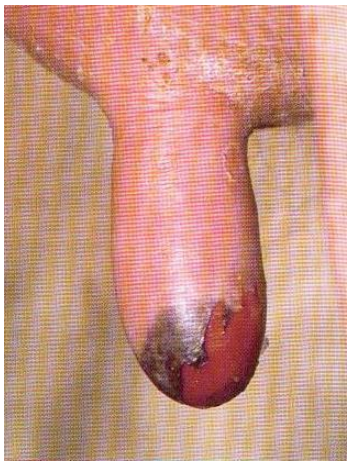


Figure 11 : Lésion de thélite herpétique d'après [17]

Figure 12 : Lésions de papillomatoses (photos personnelles)

1.1.4.3 LESIONS D'ORIGINES VIRALES

1.1.4.3.1 Pseudo-variole

Appelée aussi pseudocowpox, c'est une affection virale bénigne, très fréquente en troupeau laitier, due à un parapoxvirus. Dans un élevage atteint, 100 % des animaux sont porteurs mais 5 à 10 % seulement présenteront des lésions [4]. Au début il apparaît des zones localisées d'œdème et d'érythème sur le trayon, et rapidement de la douleur. En 48 heures se forment de petites papules puis des vésicules et des pustules ; celles-ci éclatent et donnent une croûte épaisse qui tombe en 12 jours. Cependant, bien souvent, la lésion guérit en son centre mais s'étend de manière centrifuge formant ainsi des lésions en fer à cheval, caractéristiques (figure10). On rencontre ces lésions surtout au printemps et à l'automne. Le risque de transmission semble augmenté par des manchons-trayeurs en mauvais état. C'est une zoonose, appelée le "nodule du trayeur", se traduisant par l'apparition d'une ou plusieurs volumineuses papules ou d'une excroissance mûriforme : celle-ci est très prurigineuse mais non douloureuse à l'inverse des lésions de variole. En général la guérison est spontanée en 4 à 6 semaines [17]. Il n'y a pas de traitement si ce n'est d'éviter les surinfections par un trempage antiseptique régulier.

1.1.4.3.2 Thélite ulcérative herpétique

C'est une affection virale contagieuse et inoculable due à un herpesvirus (BHV2). Elle se manifeste par un gonflement oedémateux et douloureux du trayon puis la formation d'une ou plusieurs vésicules de 3 cm de diamètre qui éclatent en 24 h et un abondant liquide séreux s'écoule. Les vésicules se rejoignent laissant un trayon totalement dénudé ulcéré (figure 11). Cette phase est très douloureuse. On a ensuite formation d'une croûte plate et lisse qui tombera en 3 semaines. La thélite herpétique est une affection de fin d'été et d'automne qui concerne surtout les primipares après le vêlage mais elle peut toucher tous les animaux d'un troupeau lors de primo-infection. Il existe des porteurs sains et il n'y a pas de traitement.

1.1.4.3.3 Papillomatose

Il s'agit d'une affection tumorale bénigne (verrues), transmissible, due à un papillomavirus. Il existe 3 sous-types viraux BPV1, 5 et 6. Elle se présente sous différentes formes pédiculées ou sessiles (petites et multiples formant des grains de riz, grosses et rondes, aplaties en forme d'excroissance avec une surface irrégulière dite en choux fleur ou en grappe de verrues) (figure 12). Une carence en magnésium pourrait être un facteur favorisant. Le traitement est souvent décevant, il consiste en l'application de solutions alcooliques de racine de podophylline à 5%, de thuya à 9 CH ou de certains produits de trempage virucide. On peut éliminer au bistouri les plus grosses verrues puis cautériser à l'acide trichloracétique 30% ou au nitrate de potassium. La pose d'un élastique à la base est possible si elles sont pédiculées. Enfin la cryothérapie donnerait 80% de bons résultats [17] et une supplémentation en magnésium de 15 g/100kg PV est parfois préconisée [12].

Figure 13 : Peau de trayon crevassé d'après [17]

1.1.4.4 AUTRES LESIONS

La peau du trayon peut être le site de lésions de maladies systémiques [17] :

- virales : fièvre aphteuse, maladie des muqueuses, coryza gangreneux, maladie vésiculeuse, dermatite ulcéreuse due à l'herpesvirus bovin de type 4
- bactériennes : leptospirose, nécrobacillose, actinobacillose, dermatophilose bovine
- mycosiques : teignes, eczéma facial
- parasitaires : piqûres d'insectes, besnoitiose, gale, parafilariose
- allergiques : urticaire, photosensibilisation, allergies aux piqûres de simulies, porphyries des bovins
- carentielles : carence en zinc
- consécutive à une intoxication : dermatite prurigineuse
- génétique : épidermolyse bulleuse jonctionnelle létale

On rencontre de plus des affections non-spécifiques comme des lésions de brûlures solaires avec en graduation un érythème, un phlyctène, un escarre ou une nécrose cutanée. Il y a une rubéfaction de la peau avec dessèchement et desquamation. Le traitement consiste à appliquer des topiques gras, des anti-inflammatoires locaux et un antiseptique. Au printemps et en hiver, les animaux en extérieur peuvent présenter des gelures, des gerçures ou des crevasses (figure 13). Dans le cas de gelures, la peau est tuméfiée et rouge ou au contraire blanc ivoire se transformant en escarre et croûte. Les gerçures et crevasses sont des fissures horizontales plus ou moins profondes [4]. Ces lésions révèlent une mauvaise gestion des conditions ambiantes (humidité et ventilation). Il faut éviter de laisser les animaux dans des courants d'air froid et sécher les trayons après la traite en enlevant les gouttes de lait résiduelles. De plus, ces affections peuvent sensibiliser la peau du trayon aux infections virales (herpes et papillomes).

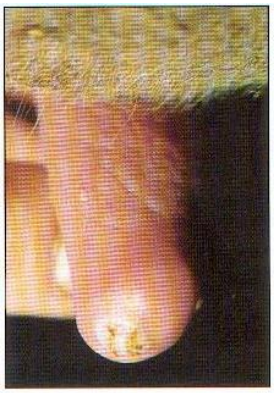


Figure 14 : Lésion d'oedème du bout du trayon d'après [17]

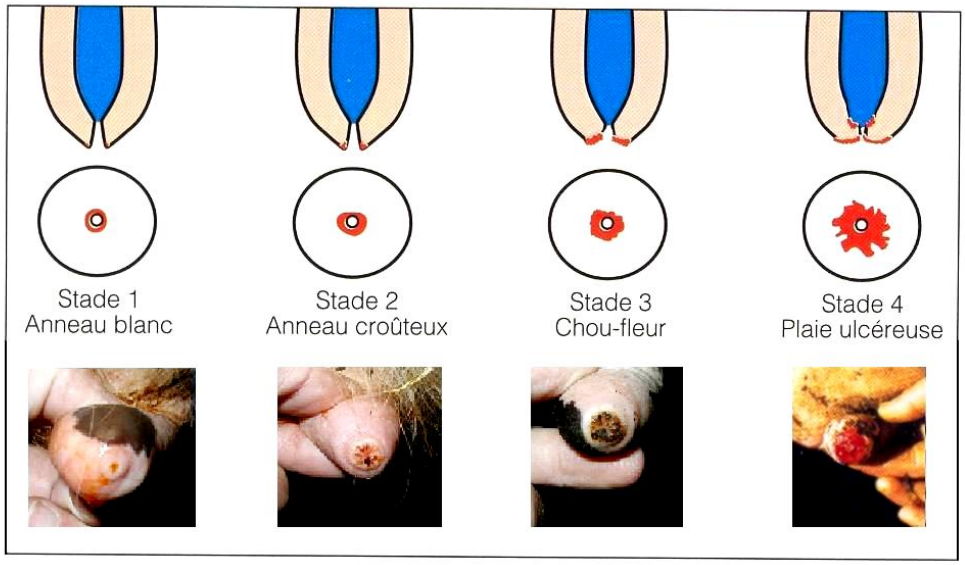


Figure 15 : Différents stades d'éversion du bout du trayon d'après [17]

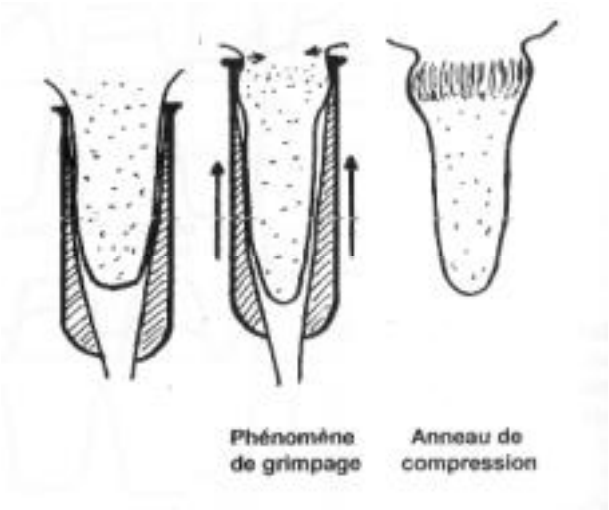


Figure 16 : Phénomène de grimpage et formation d'un anneau de compression d'après [11]

1.1.4.5 LESIONS DUES A LA MACHINE A TRAIRE

Un mauvais fonctionnement ou un mauvais réglage de l'installation de traite peut être source de lésions plus ou moins important pour la peau du trayon. (voir le fonctionnement de la machine à traire en annexe 2)

1.1.4.5.1 Congestion et œdème

La congestion et l'œdème sont dus à une dépression trop importante sous le trayon dans le manchon trayeur soit à cause d'un mauvais réglage de la machine à traire soit à cause d'un manque de souplesse des manchons-trayeurs. Ces lésions peuvent être importantes dans les installations réglées pour une traite dite « rapide » ayant un niveau de vide élevé (47-50 kPa), une pulsation élevée (60 /min), un rapport pulsation élevé (70/30) et des manchons durs, cylindriques et de grand diamètre. [11](figure 14)

1.1.4.5.2 Eversion du canal

On distingue différents stades d'éversions : anneau blanc, anneau croûteux, « choux-fleur » et ulcère. (figure 15) Les éversions sont dues à une force mécanique de compression (force d'arrachement) trop importante dans le manchon trayeur. Celle-ci est proportionnelle au niveau de vide et à la souplesse des manchons. On retrouve ces lésions lorsque le vide est élevé (45 kPa) et les manchons trop souples (c'est-à-dire avec des manchons ayant une pression de flambage petite : 10 kPa).[11]

1.1.4.5.3 Lésions internes du canal

Les lésions internes du canal sont multiples : hyperkératose, pétéchies, infiltrats, métaplasies ou fibrose. Elles sont dues à un défaut de pulsation, des manchons non adaptés (trop larges ou pas assez longs), un vide trop élevé ou une tension insuffisante des manchons. [11]

1.1.4.5.4 Anneau de compression

Un anneau de compression peut se former en fin de traite (figure 16) : l'allongement du trayon plus ou moins important peut conduire à un phénomène de « grimpage » du faisceau trayeur qui aboutit à un étranglement au niveau du repli annulaire. La vidange du quartier est alors moins bonne. Ce phénomène est lié à des manchons à embouchure trop étroite, à un niveau de vide trop faible (<23 kPa) ou une griffe trop lourde. [11, 12]

1.2 LES INFECTIONS MAMMAIRES

1.2.1 DEFINITION

L'infection de la mamelle a lieu quasi-exclusivement par voie ascendante par l'entrée de bactéries au travers du canal du trayon, leur multiplication et leur maintien dans la glande mammaire. Des cellules inflammatoires, essentiellement des polynucléaires neutrophiles en provenance du compartiment sanguin affluent dans la mamelle et sont retrouvées dans le lait. Une contamination descendante est suggérée mais elle n'a jamais été démontrée [33].

On distingue deux types de mammites :
- les mammites cliniques où le lait subit une modification macroscopique (présence de flocons, aspect séreux), avec plus ou moins une inflammation du quartier (tuméfaction, chaleur, douleur) et selon les cas des signes généraux (apathie, fièvre, anorexie, …)
- les mammites sub-cliniques où il n'y a ni modification macroscopique du lait, ni signe clinique, mais la présence de leucocytes en concentration anormalement élevée dans le lait, décelable par un comptage cellulaire individuel (supérieur à 300.000 cell/ml) ou par un test direct sur le lait par exemple avec du Teepol® (« California Mastitis Test » ; CMT).

En France, on estime que la prévalence des infections mammaires chez la vache laitière au cours d'une lactation est de 33 %. [40]

1.2.2 AGENTS PATHOGENES

Classiquement on distingue des pathogènes majeurs responsable de la plupart des mammites cliniques (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus, Streptococcus uberis, Str. dysgalactiae, Str. agalactiae*) et des pathogènes mineurs (*Arcanobacterium pyogenes, Staphylococcus* non *aureus* dit aussi coagulase négative, *Pseudomonas aeruginosa, Nocardia asteroides, Clostridium perfringens, Mycobacterium spp, Listeria monocytogenes*…).

Au tarissement, une étude a montré que [10] :
- 50 - 60 % des mamelles sont stériles
- 30 - 35 % sont infectées par un pathogène mineur (*Arcano. pyogenes*, *Staph* non *aureus*)
- 10 - 15 % sont infectées par un pathogène majeur (*Staph. aureus, Str. uberis*)

Une étude, réalisée en Hollande en 1996 sur 170 élevages (8995 vaches) [27], rapporte les fréquences relatives des germes isolés lors de mammites cliniques (tableau 1).

Tableau 1 : Fréquence relative des germes isolés lors de mammites cliniques d'après [27]

Escherichia coli	16,9 %
Staphyloccocus aureus	14,4 %
Streptococcus uberis	12,1 %
Streptococcus dysgalactiae	9,0 %
Staphylococcus non *aureus*	4,2 %
Streptococcus agalactiae	1,9 %
Prélèvement stérile	27,3 %
Prélèvement non réalisé	6,7 %
Infections mixtes	3,0 %
Contamination	2,3 %
Autres pathogènes	2,2 %

Les caractéristiques écologiques (réservoirs mammaires ou environnementales), épidémiologiques (période et mode d'infection) et pathogéniques (sévérité et persistance de l'infection) sont variables en fonction de l'espèces bactériennes considérées. (tableau 2 et 3)

Tableau 2 : Caractéristiques épidémiologiques des principales espèces bactériennes responsables de mammites cliniques et subcliniques d'après [33].

Espèces bactériennes	Réservoir vache			Réservoir environnement	
	Mamelle infectée	Lésions du trayon	Autres sites	Litière	Autres (sol, eau, mouches, …)
S. aureus	+++	+++	+	-	-
Str. agalactiae	+++	+++	+	-	-
Str. dysgalactiae	++	+++	++	-	-
Str. uberis	++	+	+++	+++	-
Enterococcus faecalis et faecium	+	+	+++	+++	-
E. coli	+	-	+++	+++	-
Pseudomonas	+	-	-	-	+++
Arcanobacterium pyogenes	+	-	+	-	+++
Mycoplasmes	+++	-	++	-	-

+++ : importante, ++ : moyenne, + : faible, - : absent

Tableau 3 : Caractéristiques pathogéniques des principales espèces bactériennes responsables de mammites cliniques et subcliniques d'après [33].

Espèces bactériennes	Période d'infection		Expression de l'infection		Transfert pendant la traite
	Lactation	Tarissement	Subclinique	Clinique	
S. aureus	+++	+	+++	+	+++
Str. agalactiae	+++	+	+++	+++	+++
Str. dysgalactiae	++	++	+++	+	+
Str. uberis	++	+++	++	+++	+
Enterococcus faecalis et faecium	++	+	+	+++	+
E. coli	++	+++	+	+++	+
Pseudomonas	++	+	+++	+	+
Arcanobacterium pyogenes	+	+++	+	+++	++
Mycoplasmes	+++	+	+	+++	+++

+++ : importante, ++ : moyenne, + : faible

Les bactéries dites à réservoir mammaire (*Staphylococcus aureus, Streptococcus dysgalactiae* et *agalactiae*) sont présentes dans le quartier d'une vache infectée, sur la peau du trayon lésé mais pas seulement : de nombreux réservoirs secondaires ont été mis en évidence [33]. Ces espèces bactériennes sont responsables le plus souvent d'infection subclinique persistante avec une augmentation du comptage cellulaire du lait. Les bactéries dites à réservoir environnemental (*Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis* et *faecium*) sont le plus souvent responsables d'infection de courte durée et se traduisant par des mammites cliniques plus ou moins graves. Quant à *Streptococcus uberis,* il est à mi-chemin entre les bactéries d'environnement et les bactéries mammaires : il est retrouvé sur la peau, dans les amygdales, le vagin et les fèces et est responsable de mammites cliniques ou de mammites subcliniques [23].

Cette classification quoique très pratique est fortement réductrice. En fait, il existe une grande variabilité des caractères des infections pour une même espèce bactérienne en fonction de la souche mise en cause.

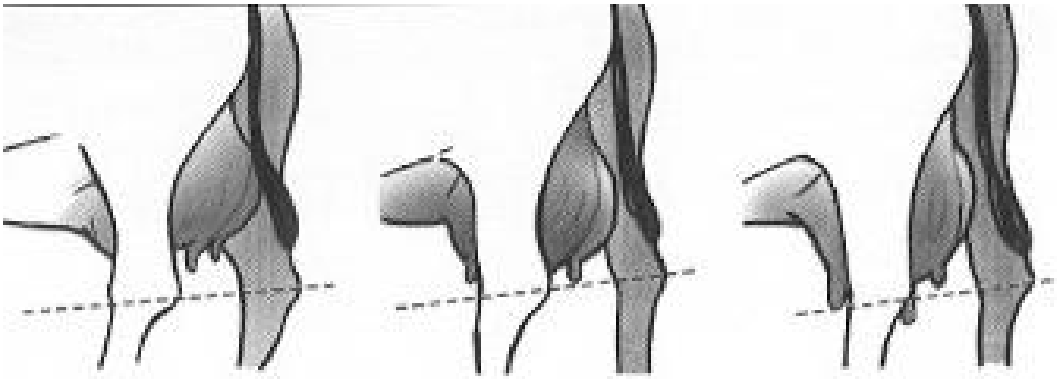


Figure 17 : Position de la mamelle par rapport à la ligne des jarrets d'après [17]

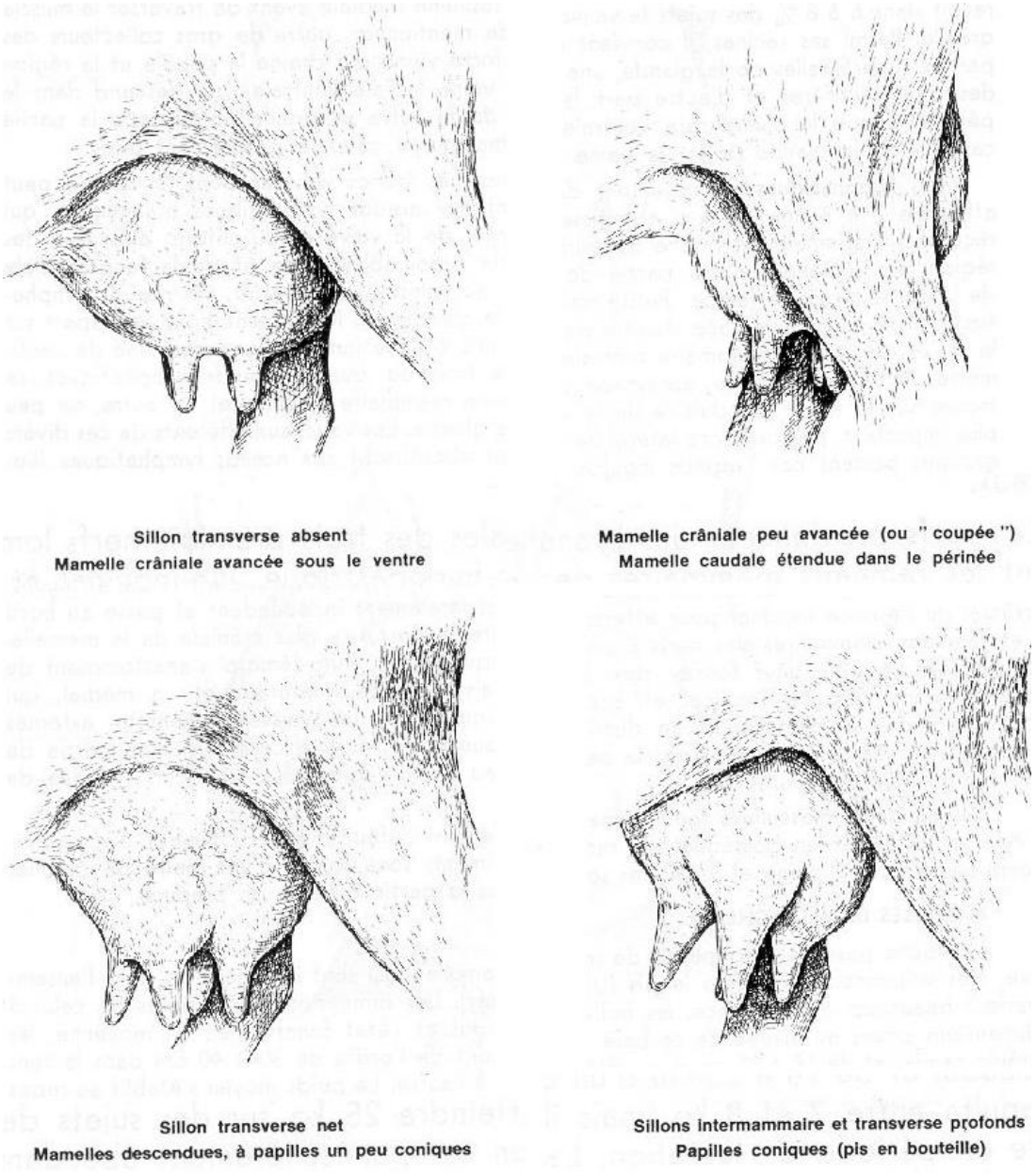


Figure 18 : Conformation de la mamelle d'après [1]

1.2.3 FACTEURS PREDISPOSANTS

1.2.3.1 FACTEURS PREDISPOSANTS INTRINSEQUES

1.2.3.1.1 Facteurs anatomiques

La conformation de la mamelle est un des critères de sélection chez la vache laitière. On recherche des vaches avec une mamelle bien équilibrée entre les quartiers antérieurs et postérieurs, un appareil suspenseur solide imprimant sa marque au niveau des sillons médian et transverse, une attache antérieure loin sur la ligne du ventre et une attache postérieure haute, une mamelle globuleuse présageant d'un abondant tissu glandulaire et une mamelle remontée avec des trayons au dessus de la ligne des jarrets (figure 17) [19].

La conformation des trayons a pris une grande importance avec l'avènement de la machine à traire. En effet, l'implantation des trayons doit être le plus possible inscrit sur les sommets d'un carré et les trayons doivent être perpendiculaire à la mamelle et non dirigés vers l'avant, le côté ou l'arrière. De plus, ils doivent être cylindriques et petits pour s'adapter au maximum aux faisceaux trayeurs (figure 18).

La position anatomique de la mamelle et de ses trayons l'expose à des traumatismes lors de relevé difficile, couchage sur un sol rugueux, piétinement par la vache elle-même ou par une autre, glissades, bousculades et écorchures. De par leur position, les trayons postérieurs sont plus sujets à des traumatisme et aux infections mammaires [27]. Plus ils sont proches du sol, plus ils sont exposés aux traumatismes et en contact avec des germes. Dans un élevage donné, si on met en relation la conformation de la mamelle, la position des trayons par rapport au jarret et le pourcentage de mammites, il apparaît que ces facteurs sont deux facteurs prédisposant à des infections mammaires (tableau 4).

Tableau 4 : Relation entre la hauteur des trayons par rapport au jarret et le pourcentage de mammites d'après [17]

Position des trayons par rapport au jarret	Pourcentage de mammites	
	mamelle équilibrée	mamelle déséquilibrée
Trayons au-dessus du jarret	17,3 %	22,4 %
Trayons à hauteur du jarret	17,5 %	25,2 %
Trayons en dessous du jarret	32,2 %	34,5 %

Aussi une mamelle déséquilibrée est plus difficile à traire. En effet, le poids de la griffe et des faisceaux trayeurs ne s'appliquant pas uniformément sur les quatre quartiers, certains quartiers sont traits plus vite que d'autres et sont sujet à un temps de traite excessif (« surtraite »), ce qui augmente le risque de lésion et de mammite.

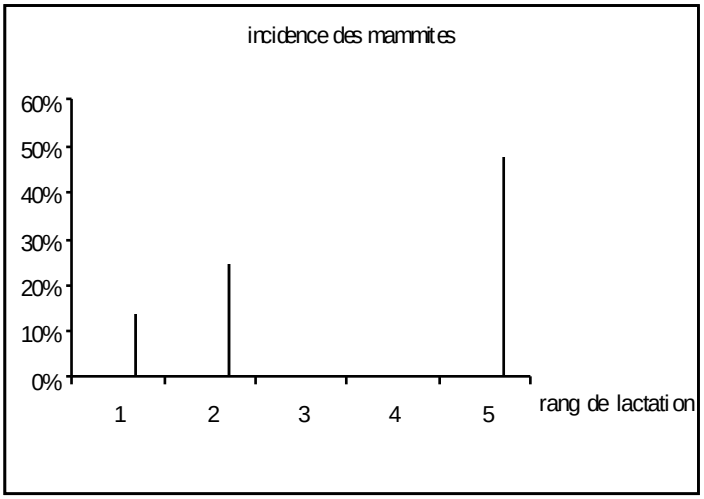


Figure 19: Relation entre le rang de lactation et l'incidence des mammites d'après [29]

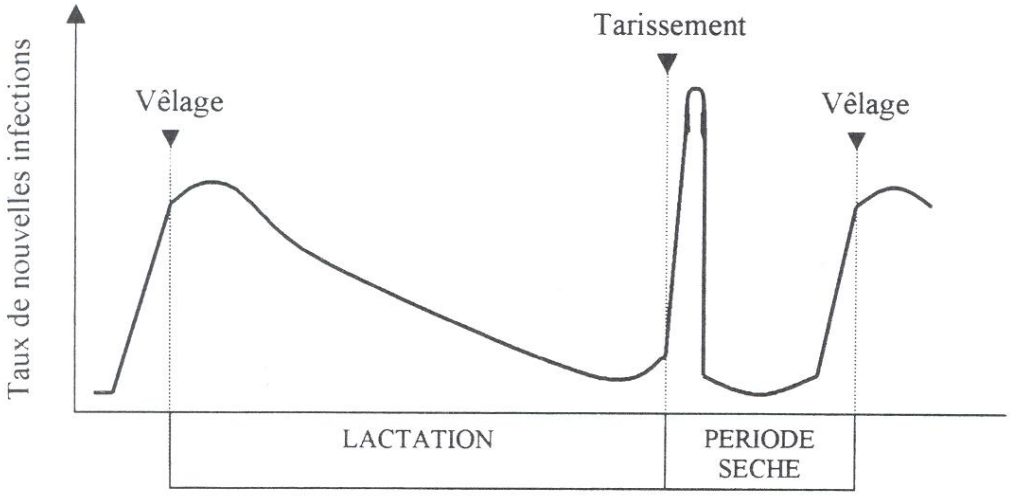


Figure 20 : Relation entre l'incidence des infections mammaires et le stade de lactation d'après [22]

1.2.3.1.2 Facteurs liés à la lactation

La fréquence des infections augmente avec le rang de lactation des animaux. Ces observations sont imputables à l'augmentation de la probabilité, avec le temps, de rencontrer un germe pathogène et aux modifications morphologiques de la glande mammaire avec l'âge : diminution de l'efficacité du canal du trayon et incapacité à développer une immunité locale efficace. (figure 19)

Le risque infectieux est différent en fonction du moment de la lactation.(figure 20). On distingue trois périodes à risque [19] :

- pendant la période *peripartum* (les 15 jours précédant et suivant le vêlage) l'incidence des infections par les germes d'environnement est plus forte. Ce peut être le résultat d'une infection ayant eu lieu au cours de la lactation précédente, non éliminées lors du traitement au tarissement. En effet, pendant la période *peripartum*, on constate une augmentation de la sensibilité de la glande mammaire (reprise de la lactation et disparition de la sécrétion de la période sèche) ainsi qu'une augmentation de la pression des pathogènes liée aux germes d'environnement (conditions hygiéniques du vêlage).

- au cours de la lactation et surtout dans les trois premier mois, on observe une augmentation de la pression pathogène liée aux germes mammaires (transmission pendant la traite). On a une augmentation très nette du taux de nouvelles infections dans les trois premiers mois de la lactation.

- au tarissement : la glande mammaire subit des modifications importantes, c'est une phase de repos et de récupération. Cette période est favorable à l'élimination des infections persistantes mais aussi à l'installation de nouvelles infections. La flore bactérienne sur l'extrémité du trayon augmente du fait de l'arrêt de la traite et il semble que la pression pathogène soit plus importante pour les germes d'origine mammaire que pour les autres (déposés au cours de la dernière traite).

1.2.3.2 FACTEURS PREDISPOSANTS EXTRINSEQUES

1.2.3.2.1 Facteurs environnementaux

L'environnement est une source importante de germes responsables de mammites. La contamination s'effectue entre les traites et principalement lors du couchage des animaux. La contamination est maximale juste après la traite avec une remontée des germes à travers le canal du trayon encore ouvert par un phénomène de capillarité. Pour limiter ce risque, il faut conseiller d'empêcher les vaches de se coucher après la traite en leur distribuant du fourrage au cornadis.

Les bactéries de l'environnement sont apportées principalement par les bouses. Mais la charge microbienne est la résultante d'une multiplication plus ou moins intense. Celle-ci dépend des conditions d'humidité, de température et du type de matériaux de la litière [26].

- L'humidité à la surface des litières est avant tout apportée par les animaux. Elle dépend de la surface disponible par animal, de la quantité et de la nature de la litière, de son drainage ainsi que de l'humidité ambiante. Il faut donc veiller à utiliser des matériaux secs, assurer un bon drainage de la litière avec une pente du sol comprise entre 3 et 5 % et une ventilation correcte en accordant une grande importance à la position des entrées et des sorties d'air. C'est donc toute la conception du bâtiment qui va se répercuter sur la qualité du couchage des animaux.

- La température agit sur le taux de multiplication des bactéries. Les bactéries d'origine intestinale responsables de mammite sont mésophiles : leur optimum de développement se situe entre 37 et 40°C. Ainsi, plus la température de la litière est élevée, plus la charge microbienne augmente. Il faudrait maintenir une température de la litière dans des valeurs inférieures à 30°C pour limiter le risque de mammites cliniques à *E. coli*.

- Le nature de la litière et sa quantité influent sur la charge microbienne. Ainsi, certains substrats comme la sciure semblent plus favorables au développement d'*Enterobacter* ou *Klebsiella* par rapport à la paille ou au sable. Cependant, la paille serait un assez bon substrat pour la prolifération de *Streptococcus uberis*. La quantité de litière est un facteur important. Il a été montré que, dans certains cas, (stalles ou logettes paillées) il est préférable de ne pas mettre de litière que d'en mettre une quantité insuffisante. L'influence de la quantité de paille sur le taux d'infection mammaire est indiquée dans le tableau 5.

Tableau 5 : Influence de la litière sur les mammites et le comptage cellulaire individuel d'après [17]

	Litière (kg de paille/VL/jour)				
	<3	3 à 4	4 à 5	5 à 6	> 6
% mammites cliniques	28,5	27,6	34,3	19	10,3
% de CCI > 400000	32,7	29,5	40,7	20,7	29,8

De plus, il faut veiller à l'entretien et la gestion du bâtiment, avec un raclage quotidien des stalles et logettes, un curage des aires de promenade et d'attente, un paillage régulier et un proGramme de désinfection et de lutte contre les nuisibles et les insectes. [17]

Le type de bâtiment influe sur le pourcentage de lésions du trayon (tableau 6), mais les conditions d'ambiance et de confort des animaux (type de bâtiment, normes de construction conception) sont autant de facteurs de risque de lésions du trayons (voir aussi en annexe 1).

Tableau 6 : Influence du type de bâtiment sur les lésions du trayon d'après [17]

	% de lésion du trayon
Stabulation libre	
aire paillée	1,09
logettes	1,85
Stabulation entravée	
avec paille	3,40
avec grille	5,35
Largeur de la stalle (cm)	
100-105	3,61
105-110	2,99
110-115	1,84
> 115	1,90
Attaches	
collier rigide	5,22
collier articulé	1,49

Tableau 7 : Lésion des trayons induites par la machine à traire d'après [11]

	Causes	Recommandations
Congestion du trayon	Vide trop élevé	Ligne haute 45 à 50 Kpa Ligne basse 40 à 44 Kpa Pots 44 à 46 Kpa
	Rapport de pulsation > 70	R = 60/40 ou 70/30 Fréquence : 55 à 60 /mn
	Corps manchon trop large	D. à 75 mm: 23 à 25 mm
Anneau de compression	Vide trop élevé	Niveau plus bas
	Faisceau trop léger	Baisser le vide Adapter les manchons
	Manchon: corps trop large embouchure trop étroite	voir conseil D. ~ 23 mm +/- 1 (Holstein)
Lésion du canal du trayon et du sphincter	Niveau de vide trop élevé - réglage non adapté - régulateur non adapté - régulateur défaillant	Respecter les normes Sensibilité < ou = 1 Kpa (ancienne norme < 2 kpa) Entretien du régulateur
	Pulsation mal réglée - rapport trop élevé - phase "c" trop courte	60/40 à 70/30 ~15 %
	Manchons non adaptés - trop dur ou trop souple - trop court - cylindrique	Changer les manchons Niveau de vide adapté aux manchons Longueur utile 140 à 150 mm Manchon conique
	Technique de traite - surtraite - arrachage faisceaux	Contrôle fin de traite Couper le vide et dépose en douceur
	Conformation des trayons Trayons trop longs	Sélection

1.2.3.2.2 Conditions de traite

Tout inconfort lors de la traite est un facteur de risque des mammites. En effet, chez un animal stressé, la sécrétion d'adrénaline s'oppose à l'action de l'ocytocine et à l'éjection correcte du lait : cela occasionne une rétention lactée et augmente le risque d'infection mammaire. La facilité de déplacement des animaux sur le quai de traite, le tempérament du manipulateur, la présence de courant résiduel dû au fonctionnement de la machine à traire sont autant de facteurs qui peuvent perturber la traite. [17]

L'installation de traite va aussi jouer un rôle décisif dans l'apparition ou la dissémination des mammites. Elle peut agir de deux façons : soit comme responsable de traumatismes de l'extrémité du trayon (diminuant ses capacités de défenses), soit comme vecteur de microbes. [11]

.1.2.3.2.2.1 Rôle traumatisant de la traite

Il y a trois types de force qui s'exercent sur le trayon :

- une force d'arrachement ou de cisaillement subie par le canal lors du passage du lait. Cette force a tendance à enlever la kératine. Elle est fonction du niveau de vide et du débit du lait.

- une force de compression exercée par le manchon fermé lors de la phase de massage. Cette force a aussi tendance à enlever la kératine.

- une force d'aspiration exercée sur la base du trayon par l'embouchure du manchon. Si l'embouchure est trop étroite, on a un étranglement du trayon au niveau du repli annulaire et une mauvaise vidange de la mamelle.

Le rôle traumatisant de l'installation de traite (tableau 7) est significatif lorsque plus de 20 % des animaux sont porteurs de lésions du trayons. [11]

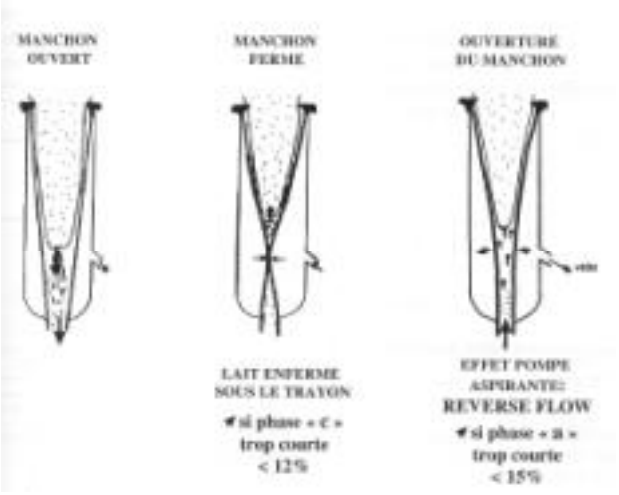


Figure 21 : Phénomène de traite humide ou « reverse-flow » d'après [11]

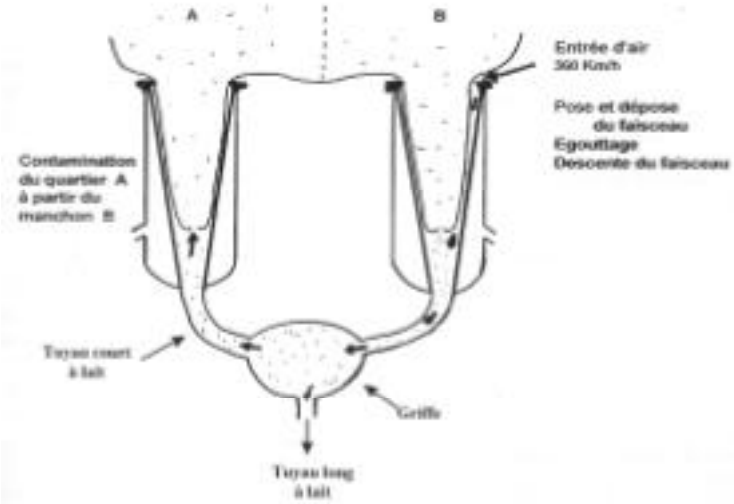


Figure 22 : Phénomène d'impact d'après [11]

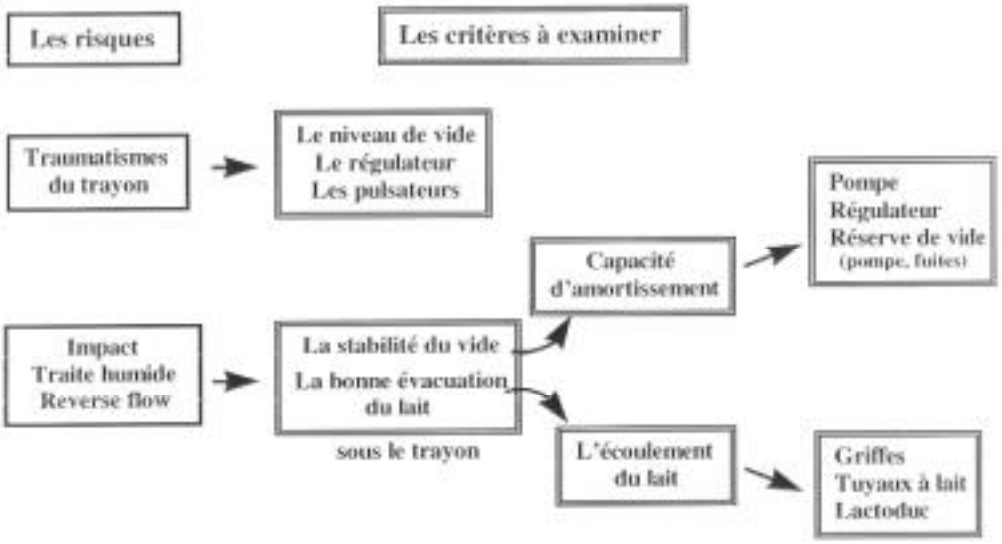


Figure 23 : Interprétation du contrôle de la machine à traire d'après [11]

.1.2.3.2.2.2 Rôle de vecteur de la traite

Tout comme les lavettes collectives et les mains du manipulateur, les manchons vont véhiculer d'une vache à l'autre des microbes récupérés au contact de la peau des trayons ou du lait de quartier infecté. Comme il est très difficile en pratique courante de décontaminer les manchons entre deux vaches, il faut traire les vaches infectées en dernier ou avoir un faisceau trayeur supplémentaire réservé à celles-ci. Il faut bien vérifier l'état des manchons et changer les manchons craquelés, se sont des nids à microbes car la désinfection est inopérante dans les micro-fissures. Le temps de vie d'un manchon caoutchouc est de 2500 traites. En appliquant la formule (2500 x nb de poste)/(nb de vache x 2) pour une exploitation avec en moyenne 27 vaches en lactation traites deux fois par jour, il faut changer de manchons tous les ans. Les manchons en silicone ont une durée de vie double [11].

.1.2.3.2.2.3 Rôle infectant de la traite

Le risque d'infection est lié au retour de lait contaminé vers le trayon lors de deux phénomènes :

- la traite humide (reverse-flow) lors d'une mauvaise évacuation du lait dans les circuits de drainage (faisceau trayeur, griffe et lactoduc), le lait qui vient d'être extrait retourne vers le trayon et peut être porteur de tous les germes collectés dans les tuyauteries du système de traite (figure 21).

- le phénomène d'impact lorsqu'il y a une entrée d'air atmosphérique par la pièce d'embouchure du manchon, on peut avoir une certaine quantité de lait poussée à grande vitesse par ce flux d'air à travers le faisceau trayeur vers le trayon opposé, voire vers d'autres vaches. Un ensemencement profond du quartier mammaire se réalise et il y a création de lésion au niveau du canal et de ses annexes. Les lésions sont aggravées par une mauvaise évacuation du lait sous le trayon [11, 17] (figure 22).

Il faut privilégier une bonne évacuation de lait sous le trayon et limiter les fluctuations du vide pour limiter l'impact de ce rôle. La présence d'un nombre important de lésions du trayon doit amener à suspecter un problème de machine à traire (figure 23).

1.2.4 PATHOGENIE DES INFECTIONS MAMMAIRES

1.2.4.1 FRANCHISSEMENT DU CANAL DU TRAYON

Quelle que soit l'origine des bactéries, environnement ou réservoir mammaire, elles pénètrent dans le quartier à travers le canal du trayon par trois modalités : au cours de la traite, après la traite ou lors d'injection intra mammaire non stérile (traitement en lactation ou au tarissement) [17, 40].

1.2.4.2 PHASE D'INVASION

Une fois que les bactéries ont franchi le canal du trayon, il y a une phase de colonisation, de multiplication puis d'invasion du parenchyme mammaire. (figure 24) La mise en place de la réaction inflammatoire, l'afflux de leucocytes depuis la circulation sanguine et les mécanismes de défense cellulaire et humorale déterminent la survie des bactéries et la durée de l'infection. Généralement les premiers signes de l'inflammation apparaissent 12 h environ après la pénétration des germes. [17] Cependant, il existe des spécificités en fonction des espèces et des souches de bactéries.

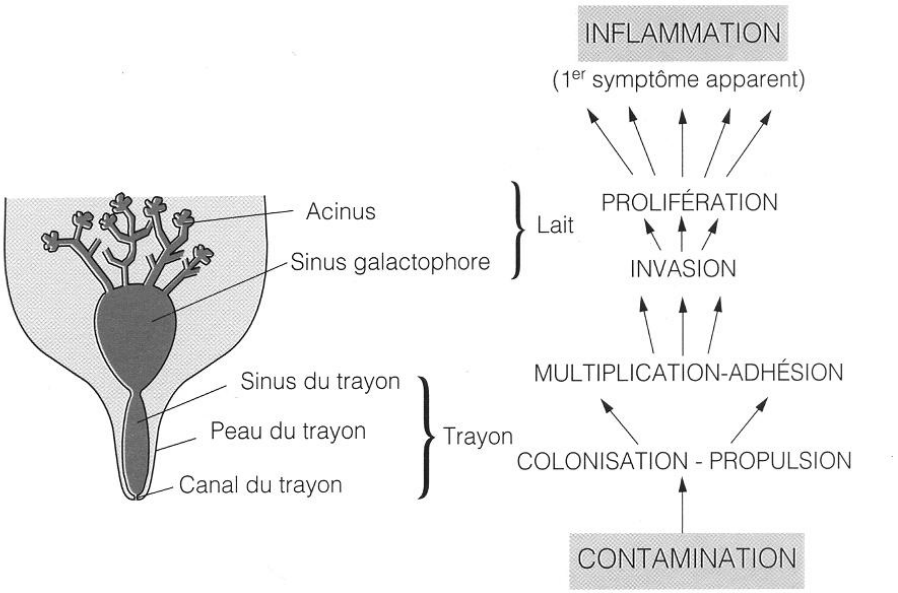


Figure 24 : Pathogénie des infections mammaires d'après [17]

Les mammites à *Escherichia coli, Klebsiella, Enterobacter spp.* sont à l'origine d'une grande diversité de symptômes qui sont proportionnels au nombre de bactéries présentes dans le lait les premiers jours de l'infection. Beaucoup d'infections à *E.coli* s'auto-éliminent en 5 à 7 jours même en l'absence de traitement mais 10 à 20 % provoquent des signes sévères et souvent évoluent en mammites chroniques. Ce caractère semble lié à la souche mise en cause.

Les mammites à *Staphylococcus aureus* pose de gros problèmes du fait de leur très grande contagiosité et de la difficulté à éliminer la bactérie. En effet, *Staphylococcus aureus* possède la capacité de se fixer à la surface des cellules épithéliales mammaires et de s'internaliser puis de se multiplier dans ces cellules. Le taux de guérison spontanée dans les 3 premiers mois de lactation est généralement inférieur à 10-20 %.

1.2.5 PLAN DE LUTTE CONTRE LES MAMMITES

Pour maîtriser les mammites en élevage laitier, dans les meilleurs conditions économiques, il faut éliminer les infections en place mais aussi prévenir les nouvelles infections. Toutes ces mesures ne peuvent pas être prises individuellement d'où la notion de plan de lutte [17].

1.2.5.1 PREVENIR LES NOUVELLES INFECTIONS

Pour prévenir l'installation de nouvelles infections, il existe une série de mesures déjà évoquée dans les chapitres précédents et que l'on peut résumer ainsi :

- entretenir et faire réviser la machine à traire une fois par an par un technicien et changer les manchons trayeurs régulièrement
- nettoyer et désinfecter l'installation de traite deux fois par jour
- assurer un bon lavage des trayons avant la traite
- désinfecter les trayons après la traite par trempage dans une solution antiseptique
- réaliser une traite non traumatisante pour les trayons et non génératrice de retour de lait dans la mamelle
- veiller à la densité des animaux et à l'ambiance des bâtiments
- entretenir et veiller à l'hygiène des aires de couchage et de parcours
- réaliser un traitement systématique au tarissement pour prévenir les nouvelles infections pendant la période sèche.

1.2.5.2 ELIMINER LES INFECTIONS EN PLACE

Pour éliminer les infections en place, voici les différents points de la conduite à tenir :

- détecter les mammites par un examen des premiers jets dans un bol à fond noir et par palpation des quartiers après la traite
- traiter les mammites cliniques
- dépister les mammites sub-cliniques par comptage cellulaire individuel ou par test direct sur le lait (« California Mastitis Test », CMT)
- traiter les mammites sub-cliniques au moment du tarissement
- réformer les animaux incurables : qui ont fait des mammites cliniques à répétition ou qui ont une mammite sub-clinique non guérie par le traitement hors lactation.

2 LES PRODUITS DE TREMPAGE

2.1 HISTORIQUE

En 1916, Moak H. fut le premier à préconiser le trempage des trayons dans une solution d'huile de pin diluée afin de réduire la prolifération de *Streptococcus agalactiae*. Cependant, l'étude expérimentale ne fut pas concluante et l'idée fut abandonnée.

Dans les années 1960, Newbould FHS. et Barnum DA. relancèrent l'intérêt pour cette pratique en démontrant que le trempage des trayons dans une solution germicide réduisait la contamination des lactoducs par les staphylocoques. Neave FK. et coll. évaluèrent l'effet d'un proGramme d'hygiène du lait dans deux fermes en Angleterre, incluant un trempage systématique des trayons après la traite avec une solution contenant 0,2% d'iodophore. Le proGramme d'hygiène diminua significativement le taux de nouvelles infections mammaires et conclut que le trempage en était une des composantes les plus efficaces.

Dans les années 1970, l'efficacité de tels produits de trempage fut alors établie, dans deux essais en Angleterre et aux Etats Unis, par un proGramme de contrôle des mammites incluant un trempage des trayons avec des solutions contenant du chlore à 4% et un traitement systématique des mammites sub-cliniques au tarissement. [32]

Par la suite, de nombreuses expériences similaires confirmèrent le bien fondé du trempage des trayons. Il est actuellement admis que la mise en place du trempage de l'ensemble des trayons juste après la dépose des gobelets trayeurs dans un liquide antiseptique réduit l'incidence des nouvelles infections intra-mammaires d'au moins 50 %. De ce fait, cette technique fut largement vulgarisée par les techniciens agricoles et répandue parmi les élevages.

2.2 OBJECTIFS ET LIMITES

2.2.1 OBJECTIFS DU TREMPAGE DES TRAYONS

L'objectif principal du trempage est de réduire la population microbienne de la surface du trayon et de son extrémité en utilisant des molécules antiseptiques à action bactéricide.

Un objectif secondaire est d'améliorer la qualité et la résistance de la peau du trayon par l'adjonction d'agents émollients, adoucissants, hydratants ou surgraissants. Ils vont préserver ou rétablir l'hydratation et l'élasticité de la peau. L'amélioration de la qualité de la peau du trayon limite les phénomènes douloureux engendrés par l'installation de traite. Par leur action cicatrisante, ces agents vont également limiter la présence de réservoir secondaire. FOX et coll. ont démontré que la peau d'un trayon crevassée expérimentalement était plus propice à la colonisation par *Staphylococcus aureus* qu'une peau intacte. De plus, ces auteurs ont établi une relation positive entre l'accroissement de la colonisation de la peau par *Staphylococcus aureus* et la colonisation de l'orifice du trayon et l'apparition d'infection intra-mammaire vraie. Ils soulignent enfin que l'utilisation d'antiseptique efficace dans les produits de trempage associée à des agents émollients améliore la qualité de la peau du trayon. [15] Pour certains produits de trempage est aussi revendiquée une activité virucide pour lutter contre les affections de la peau du trayons (Herpesvirus, Parapoxvirus, Papillomavirus). [8]

Un dernier objectif est d'assurer un film protecteur pendant la période qui suit la traite, période pendant laquelle l'orifice du canal du trayon reste ouvert, permettant l'entrée des micro-organismes. Cette action est renforcée dans les produits dits filmogènes qui créent une véritable barrière physique autour du trayon.

2.2.2 LIMITES DU TREMPAGE DES TRAYONS

Le trempage des trayons, à lui seul, ne réduit de façon substantielle le niveau d'infection d'un troupeau qu'après de longs mois de pratique. En effet, s'il peut prévenir la majorité des nouvelles infections intra-mammaires, il a peu d'efficacité pour réduire la persistance des infections déjà en place. Pour augmenter l'impact du trempage des trayons sur le niveau d'infection mammaire du troupeau, il est absolument nécessaire de l'associer au traitement hors lactation et à la réforme des animaux incurables, mesures qui interviennent pour leur part sur la réduction de la durée des infections établies.

Une autre limite du trempage réside dans la protection inégale vis-à-vis des différents germes. Ces variations d'efficacité sont parfois attribuées à un manque d'activité de l'antiseptique vis-à-vis de certaines espèces bactériennes mais surtout à l'écologie différente de ces bactéries.

- Les antiseptiques diffèrent par leur persistance sur le trayon, par leur effet sur l'état de la peau et par d'autres facteurs non encore élucidés. [32]

- De plus, tous les essais ont démontré que le nombre d'infections causées par *Streptococcus agalactiae* et *Staphylococcus aureus* était réduit par la mise en place du trempage alors que cette technique n'avait que peu ou pas d'effet sur les infections dues à d'autres espèces de Streptocoques et *Escherichia coli*. Pour ces premières bactéries transmises d'un quartier (ou vache) infecté à un quartier (ou vache) non infecté

principalement pendant la traite, l'antiseptique est déposé avant leur pénétration et leur multiplication dans le canal du trayon. Pour *Streptococcus uberis* et *Enterococcus faecalis* ou encore *Escherichia coli* qui atteignent l'extrémité du trayon à partir de sources de l'environnement, entre les traites, l'action antiseptique du produit de trempage a diminué ou cessé. L'acide dodécylbenzène sulfonique ou la chlorhexidine à 5 % sembleraient plus efficaces pour réduire les infections dues aux germes de l'environnement. [7]

Une troisième limite du trempage vient du pouvoir irritant de certains antiseptiques sur la peau du trayon. Ce peut être le fait du principe actif lui-même, du pH mal ajusté de la préparation ou de la détérioration de la solution lors de son stockage. Les lésions d'irritation qu'ils produisent peuvent favoriser la colonisation de germes responsables de mammite. Egalement, le trempage réalisé par très grand froid peut induire des gerçures des trayons [16]. Pour éviter ou réduire ces inconvénients, les fabricants incorporent dans leur produit des émollients comme la glycérine ou la lanoline.

2.3 COMPOSITION DES PRODUITS DE TREMPAGE

2.3.1 DIFFERENTS TYPES D'ANTISEPTIQUE

L'antiseptique doit être actif sur les germes mis en cause dans les infections mammaires, il doit être actif dans les conditions de terrain (contamination par la matière organique) et il ne doit pas être irritant pour la peau. Ainsi, seuls quelques types d'antiseptiques sont utilisés dans les produits de trempage.

2.3.1.1 DERIVES IODES

L'iode est un des désinfectants le plus répandu. Caustique, peu soluble dans l'eau, peu stable, tachant et dégageant une odeur âcre lorsqu'il est utilisé seul, il est en pratique associé à un agent stabilisant (polyvinylpyrrolidone : PVP, oxyde de propylène) qui permet sa libération progressive et qui réduit aussi son odeur, son action irritante et allergisante.

En solution, l'iode se retrouve sous diverses formes : chargée positivement ($H_2O + I^+$) ou neutre (I_2 ou IOH). L'iode libre, sous la forme I_2, est le principe actif des iodophores. C'est un agent réducteur qui diminue la quantité d'oxygène disponible pour les micro-organismes aérophiles. Il interfère au niveau de la chaîne respiratoire en bloquant le transfert des électrons et interagit avec les protéines de la membrane cytoplasmique [25]. La quantité d'iode libre présente dans une solution est malheureusement rarement indiquée par le fabricant.

Les iodophores sont des produits rendus acides (pH compris entre 3 et 5) par l'ajout d'acide phosphorique à 20% qui assure leur conservation. Ils sont peu affectés par la dureté de l'eau et les variations de pH. La concentration en polyvinylpyrrolidone iodée est généralement au moins de 5000 ppm soit 0,5 %, ce qui correspond à environ 0,05 % d'iode libre [17]. Leur couleur (orange-rouge) permet la visualisation des zones trempées.

2.3.1.2 CHLORHEXIDINE

La chlorhexidine a été commercialisée en France bien après l'iode, bien qu'elle ait été très utilisée aux USA notamment en milieu hospitalier depuis de nombreuses années [17]. C'est un digluconate du bis N parachlorophényl-diguanido-1,6 hexane, de la famille des biguanides, base forte et sans odeur.

Les biguanides agissent en modifiant la perméabilité des membranes bactériennes par des interactions électrostatiques avec les phospholipides. Ils sont rapidement et activement adsorbés à la surface des bactéries, induisant une rupture de la membrane cytoplasmique par perte de perméabilité mais sans lyse de la paroi cellulaire, avec précipitation des macro-molécules (protéines et acides nucléiques) [25].

La chlorhexidine se présente sous la forme d'une solution de pH 5 à 6, habituellement utilisée à 0,5 % bien que des solutions de 0,2 à 1 % aient été testées [17]. Sa rémanence sur la peau des trayons est comparable à celle des iodophores. Elle est incolore, on rajoute classiquement un colorant bleu (carmoisine E112, azorubine ou « bleu patenté ») pour la repérer sur les trayons [13].

2.3.1.3 DERIVES CHLORES

Le chlore et ses dérivés sont de très bon antiseptique. Cependant, ils sont sensibles aux conditions de température et de pH, à l'exposition aux ultraviolets et à la matière organique. Les solutions ont des durées de vie courte et devront être préparées juste avant leur utilisation.

L'hypochlorite de sodium (eau de Javel) est utilisé comme désinfectant depuis 1820 et est peu coûteux. En solution l'hypochlorite donne des ions hypochloreux. Ils saponifient les lipides de la membrane, ce qui détruit la structure superficielle de la cellule. De plus, ils désorganisent la structure des peptidoglycanes et hydrolysent les nucléotides viraux. Le pH des solutions commerciales est compris entre 8,5 et 11 pour des concentrations de 0,1 à 0,4 % de NaClO. Cependant l'eau de Javel est peu utilisé comme produit de trempage car elle dégage une odeur forte et désagréable. Elle est relativement irritante pour la peau et l'ajout d'émollient actif est techniquement impossible [7]. On utilise parfois des dérivés organiques chlorés comme le dichloro-isocyanurate ou le dichloro-triazine-trione qui libère 90 % de son chlore sous forme d'hypochlorite. Il se présente sous forme de comprimés effervescents. Il est plus stable que l'eau de javel et moins sensible à l'action de la matière organique mais garde une odeur forte [13].

Un autre dérivé chloré est lui plus largement utilisé : le chlorite de sodium ($NaClO_2$) . En mélangeant à volumes égaux du chlorite de sodium à de l'acide lactique, on obtient du dioxyde de chlore qui possède un fort pouvoir bactéricide. Ce sont des produits à préparer quotidiennement. Le chlore libéré étant électronégatif, il oxyde les ponts peptidiques et dénature les protéines. Il agit donc sur la perméabilité de la membrane extérieure des bactéries, ce qui produit une fuite de potassium et la mort cellulaire. Même à faible dose, il inhibe la respiration cellulaire par un effet oxydant non spécifique [25]. Les concentrations utilisées sont habituellement de 0,64 % de chlorite de sodium et de 2,64 % d'acide lactique. Le pH de la solution est basique (entre 8,5 et 10). Un inconvénient est la perte d'activité rapide une fois en solution due à la volatilisation du dioxyde de chlore [13], cependant l'action antiseptique peut être prolongé par l'effet barrière dans un produit filmogène. De plus l'action parfois irritante pour la peau et retardant la cicatrisation du chlore, inciterait plutôt à suspendre son emploi lors de lésions importante du trayon [17].

2.3.1.4 AGENTS TENSIO-ACTIFS

L'acide dodécylbenzène sulfonique (DBSA) est un agent tensio-actif, souvent associé à des acides organiques pour diminuer le pH de la solution. Il est utilisé seul ou associé avec d'autres antiseptiques (chlorite de sodium). Il a une action de dénaturation des protéines, d'inactivation des enzymes et de rupture des membranes cellulaires par altération de la perméabilité [25]. Il persisterait 6 heures sur les trayons. Cependant, sa viscosité importante fait que la consommation, donc son coût d'utilisation, est relativement important [4]. Il est utilisé à des concentrations de 1,94 % lorsqu'il est seul ou à 0,27 % lorsqu'il est utilisé comme adjuvant [30, 31].

2.3.2 AGENTS ADJUVANTS

Glabre et dépourvue de glande, la peau du trayon est fragile et largement exposée de par sa position anatomique. Un trayon humide après la traite sera facilement crevassé par l'effet des courants d'air. De plus, l'élimination de la couche lipidique superficielle lors du lavage avant la traite rend la couche superficielle de l'épiderme (*stratum corneum*) rêche et elle n'assure plus son rôle de protection [17].

Le trempage des trayons après la traite permet de restaurer ses qualités : apport de lipides pour maintenir l'intégrité des membranes des cellules du *stratum corneum* et d'eau en quantité suffisante. On rajoute dans les produits de trempage des agents cosmétiques ayant des propriétés particulières (figure 25). Les agents hydratants comme le sorbitol ou la glycérine sont capables de pénétrer dans l'épiderme pour y déposer des particules hydriques, ce qui rend la peau plus douce et plus tendue. Les agents adoucissants et hydratants comme la lanoline apportent, eux, des molécules lipidiques venant renforcer les membranes semi-perméables des globules lipidiques de l'épiderme. Ces globules contiennent les substances hydriques en solution et les restituent selon les besoins. L'apport de ces agents limite les échanges et notamment les pertes hydriques. Les agents cicatrisants comme l'allantoïne peuvent aussi être ajoutés. La proportion de ces émollients dans les produits ne doit toutefois pas dépasser 10 à 12 % sous peine de voir l'activité antiseptique diminuer [7].

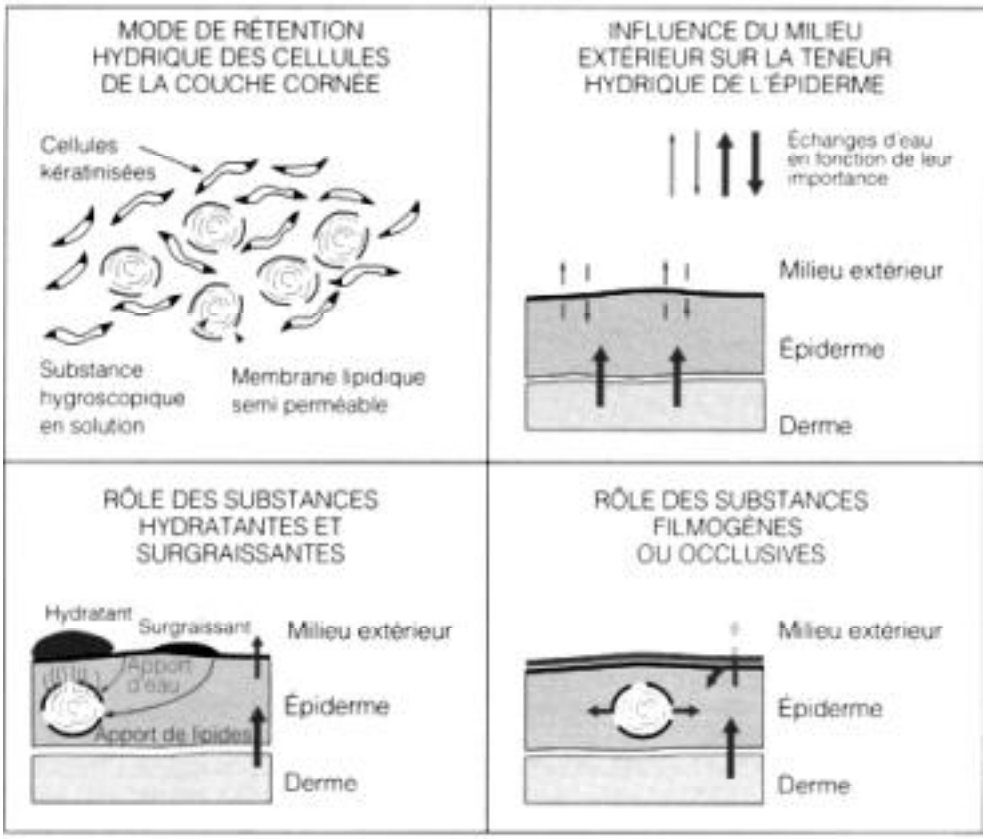


Figure 25 : Rôle des agents cosmétiques d'après [17]

2.3.3 BARRIERES PHYSIQUES

Ce sont des produits, dits filmogènes, qui sont déposés par trempage après la traite. En séchant, ils forment un film protecteur et transparent qui recouvre le trayon. Leur rôle est d'empêcher les germes et les souillures de pénétrer dans le canal du trayon pendant l'intervalle séparant deux traites. Si les germes sont déjà présents sur la peau, le produit, en séchant, les immobilise et les retient dans la pellicule ainsi formée. Ils sont ensuite éliminés avec cette pellicule par lavage avant la traite suivante. Ce type de film est aussi un rempart contre la contamination par des germes d'environnement. [4]

Ils sont utilisés seuls ou associés à d'autres désinfectants (iode, chlorhéxidine, chlorite de sodium,…). Ils sont non irritants pour la peau, il existe différents types de barrière : des gels d'extrait de cellulose, des films à base de lipides hydrosolubles qui renforcent le film naturel, ou des films à base de latex ou de polymères. Ils devront être éliminés totalement avant la traite suivante ce qui peut augmenter le temps de traite. Le risque de contamination du lait est quasi nul car les particules de latex sont arrêtées par le filtre du tank.

On peut donc classer les produits de trempage actuellement sur le marché en fonction de ces différentes qualités (tableau 8).

Tableau 8 : Caractéristiques des produits de trempage sur le marché d'après [39] modifié

	Molécule	Nom (laboratoire)
Produit de trempage	Iodophores Chlorhéxidine Biguanides Ac dodécylbenzène sulfonique Peroxyde d'hydrogène Dichloro-triazine-trione	Nombreux produits Nombreux produits P3-Tergicid (Henkel) Galox-Pratic (CFPI) Blu-gard (Ecolab) Oxy-gard (Ecolab) Agrisept (Upjohn)
Produit de trempage Surgras	Iodophores	P3-Veloucid (Henkel) Ioderm (Hypred)
Produit de trempage Filmogène	Iodophores Chlorhéxidine Chlorite de sodium + DBSA Chlorite de sodium Lauricidine Nisine	Io-shield (Henkel-Ecolab) Trempasept iodé (Sogeval) Dermasil ligne blanche (Virbac) Galox-Extreme (CFPI) Platinum (Uddercare) 4XLA (Sfan) TS with germicide (3M) Cell Azur (Avitec)

2.4 QUALITES REQUISES POUR UN PRODUIT DE TREMPAGE

2.4.1 ACTIVITE ANTISEPTIQUE

2.4.1.1 SPECTRE D'ACTION

Le produit de trempage doit détruire les germes s'étant déposés pendant la traite et doit avoir une activité préventive sur les germes à réservoir mammaire. Les molécules désinfectantes ont généralement un spectre d'activité large Gram + et Gram -. Certaines molécules utilisées ont aussi une activité sur les mycoplasmes, les champignons et les virus. (tableau 9)

Tableau 9 : Spectre d'action des désinfectants utilisés dans les produits de trempage d'après [13]

	iodophore	chlorhéxidine	ac. dodécyl benzène sulfonique	chlorite de sodium
Bactéries à Gram positif	+++	+++	+++	+++
Bactéries à Gram négattif	+++	++	++	+++
Mycobactéries	++	0	NP	++
Spores bactériennes	++	0	NP	++
Levures ou champignons	++	+	+	++
Virus	++	+	0	++

Activité létale forte +++, moyenne ++, faible +, nulle 0, non précisé NP

2.4.1.2 VARIATION DE L'ACTIVITE ANTISEPTIQUE

La peau du trayon étant rapidement souillée après la traite, l'activité des produits de trempage doit être au maximum indépendante des contaminations organiques (lait, bouses, …). L'activité de l'iode est diminuée en présence de matière organique car l'iode n'est plus active si le pH est supérieur à 7. Un changement de coloration de la solution d'iode est indicateur d'une diminution de l'activité antiseptique [7]. L'activité de la chlorhéxidine est diminuée en présence d'eau calcaire. Les composés chlorés ont une durée de vie très courte et devront être préparé quotidiennement, ils sont relativement sensible à la présente de matière organique.

2.4.1.3 MARGE DE SECURITE

Le produit de trempage doit être efficace à une concentration inférieure à celle préconisée compte tenu des dilutions et dispersions possibles lors de l'application et de l'inactivation par les matières organiques (tableau 10).

Tableau 10 : Efficacité bactéricide de médicaments antiseptiques à base d'iodophore [24].

Spécialité*	Quantité de principes actifs (mg/ml)			
	dans le médicaments	à la dose d'utilisation	à la dose active	
			eau distillée	sérum de veau
Mammizan (Beecham)	5	5	0,08	0,64
Orbisan 1/3 (Beecham)	30	1	0,03	0,24
Iodolan (Virbac)	5	5	0,04	0,4
P3 iokel (Henkel)	5	5	0,04	0,4
Vétédine (Vétoquinol)	10	1	0,08	0,64
Iosapis (Arkovet)	5	5	0,02	0,16

* tous ces antispetiques s'appliquent sur la peau et les plaies. De plus, la Vétédine est utilisée en gynécologie.

2.4.1.4 PHENOMENE DE RESISTANCE

Les produits de trempage sont destinés à être appliqués de façon répétée, il est donc important de ne pas induire des phénomènes de résistance. Il existe des résistances naturelles des mycobactéries à certains antiseptiques par imperméabilisation des lipoprotéines et des lipopolysaccharides de la paroi. Une résistance à la chlorhéxidine a été décrite chez des souches de *Serratia spp.* et *Pseudomonas spp.* par des modifications des surfaces liées à des mutations chromosomiques [37].

2.4.1.5 REMANENCE

L'activité bactéricide doit être prolongée dans le temps pour couvrir au maximum la période séparant deux traites. Cette action est renforcée grâce à l'action filmogène de certains composés : ils isolent la peau du trayon des contaminations extérieures. La durée d'activité d'un produit bactéricide est comprise entre 5 et 8 heures. Mais d'après Chaffaux [7] celle-ci n'excède généralement pas deux heures sur la peau du trayon. Les produits filmogènes ont une activité plus longue.

2.4.2 TOXICITE

Le produit ne doit pas présenter de toxicité pour la peau du trayon mais aussi pour les mains de l'utilisateur. La tolérance de la peau dépend de la nature, de la concentration, du pH et des excipients du produit. Les produits sont préalablement testés sur des animaux de laboratoire (rongeurs, lapins). Ainsi on n'utilise pas d'iode ou de chlorhéxidine à des concentrations supérieures à 1 % et ni l'hypochlorite de sodium à des concentrations supérieures à 0,08 %. Des interactions ont été décrites notamment entre les produits à base de chlorhéxidine et la présence de chlore dans les solutions de préparation des mamelles avant la traite, ceci a été à l'origine d'un phénomène allergique sur la peau du trayon chez la chèvre [18]. La chlorhexidine est dépourvue de toxicité orale. Pour l'acide dodécylbenzène sulfonique (DBSA), la dose létal 50 (DL50) est de 1 g/kg ce qui est une toxicité faible. Cela équivaut à ingérer 20 g/kg du produit sous sa forme concentré.

2.4.3 ABSENCE DE MODIFICATION DU LAIT

2.4.3.1 ABSENCE DE RESIDUS

Le produit de trempage doit être éliminé par le nettoyage des trayons avant la traite suivante pour limiter l'apparition de résidus dans le lait, ceux-ci doivent être inférieurs aux limites maximales de résidu (LMR) définis pour chaque constituant. Par exemple pour les résidus iodés, le lait ne doit pas contenir plus de 500 µg/L d'après les normes de l'organisation mondiale de la santé. Or le lait contient naturellement 200 µg/L d'iode et le trempage peut apporter au maximum de 50 à 120 µg/L. Cela porte le total à 320 µg/L, ce qui est encore inférieur aux normes [17].

2.4.3.2 CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES ET ORGANOLEPTIQUES

Les résidus de produit de trempage ne doivent pas modifier la qualité du lait sachant qu'il faut 10 à 15 ppm d'iodophore ou 10 ppm de chlore pour modifier le goût du lait [17]. Cependant la dilution dans le tank est telle que l'on atteint rarement ces concentrations.

2.4.3.3 ACTION SUR LA FLORE LACTIQUE

Les résidus de produits de trempage ne doivent pas avoir d'action sur la flore lactique dans le lait qui va être utilisé en fromagerie. Une inhibition de cette activité empêcherait le bon déroulement des étapes de transformation.

2.4.4 FACILITE D'EMPLOI ET ASPECT ECONOMIQUE

Le produit de trempage doit être facile d'utilisation pour le manipulateur. Actuellement la plupart des produits sont prêts à l'emploi. Certains doivent être préparés avant chaque traite en mélangeant une base à un activateur. La présentation du produit influe aussi sur le choix des éleveurs : viscosité, odeur, couleur. La conservation des préparations est longue d'au moins 3-6 mois. La consommation de produit est généralement de 2 à 6 litres/ vache/an.

2.5 TECHNIQUE D'APPLICATION DU PRODUIT DE TREMPAGE

Il faut retenir l'adage suivant : « le trempage concerne tout le trayon, tous les trayons, toutes les traites, toutes les vaches et toute la lactation » [17]. Pour réaliser le trempage, le plus simple est l'utilisation d'un gobelet trempeur. Il est constitué d'un réservoir et d'un gobelet vissé au dessus. Une simple pression fait monter le produit dans le gobelet. Il existe des gobelets avec ou sans retour du produit dans le réservoir. Lorsque le produit devient contaminé ou dilué, l'appareil doit être vidé de son contenu, lavé soigneusement et à nouveau rempli. Une lavage journalier est conseillé : les débris organiques peuvent inactiver le produit de trempage et transporter des germes pathogènes. Le produit doit recouvrir toute la zone englobée par le manchon trayeur soit au moins les trois quarts du trayon. (figure 26) Celui-ci doit rester immergé au moins une seconde dans le gobelet. Ensuite, il faut laisser égoutter le produit pour former une goutte au niveau du sphincter et ne plus essuyer.

On peut aussi réaliser une nébulisation du produit qui paraît moins contraignante pour l'éleveur. Cette technique évite la souillure par les matières organiques et donc l'inactivation du désinfectant. Elle limite aussi les contacts entre le produit et les mains du trayeur. Cependant, elle doit être bien réalisée sous peine de ne pas remplir son rôle préventif. Il faut en effet bien arroser toute la surface du trayon sans laisser d'angle mort. De plus elle augmente la consommation du produit désinfectant et le matériel spécial est plus coûteux [7]. Enfin une viscosité importante du produit est une limite à l'utilisation de la nébulisation.

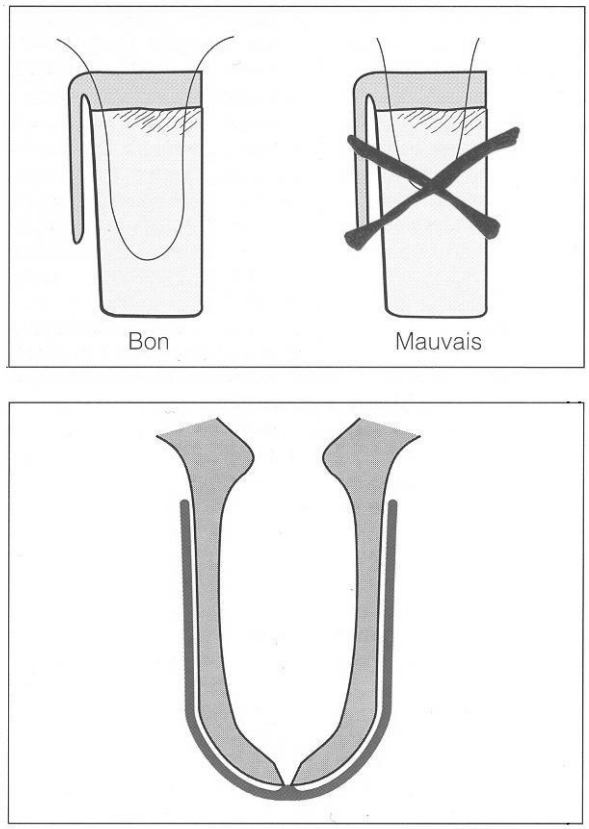


Figure 26 : Trempage des trayons d'après [4]

2.6 STOCKAGE

Les produits doivent être stockés dans un endroit propre, à l'abri des grands écarts de température, et ne doivent pas être exposés trop longtemps à la lumière. Les températures de stockage indiquées par les fabricants vont généralement de 0 à +40°C. A noter que les produits iodés toléreraient des températures jusqu'à –2°C et que, pour la chlorhéxidine, il ne faut pas dépasser +30°C.

2.7 LEGISLATION

Le produit d'hygiène de la mamelle a « vécu » pendant longtemps en dehors de tout cadre réglementaire défini. Il n'est soumis au dossier d'autorisation de mise sur le marché que s'il revendique dans sa formulation ou sur ses documents techniques une activité curative ou préventive sur les mammites, ce dont se gardent bien les industriels.

La directive 89/362/CEE du 26 mai 1989, extrait des conditions générales d'hygiène des exploitations de production de lait, déclare que "le traitement par immersion ou pulvérisation ne peut être pratiqué qu'immédiatement après la traite et les composants des produits utilisés doivent être agréés par les autorités officielles". En l'état actuel de la réglementation française, l'article n°L227-2 du code rural prévoit que "les produits d'hygiène appliqués sur les trayons des femelles laitières dont le lait est destiné à la consommation humaine ne peuvent être délivrés au public s'ils n'ont reçu au préalable un agrément par du Centre National d'Etudes Vétérinaires et Alimentaires (CNEVA) (dorénavant l'AFSSA) selon les conditions fixées par le ministère de l'Agriculture" [39]. Cette agrément ne porte que sur les molécules désinfectantes de base et non sur le produit fini (adoucissant, hydratant, émollient, surgraissant, conservateur, anti-oxydant, …). Certains réclament donc la mise en place d'une procédure de type autorisation de mise sur le marché « allégée » comme cela est déjà le cas, par exemple, au Canada. Un seul produit, en France, a fait l'objet de recherche et d'une demande d'autorisation de mise sur le marché : Uddergold® (MERIAL) AMM 675.885.0 du 25/10/96 et AMM 675.886.7 du 25/10/96 avec l'indication : prévention des mammites d'origine bactérienne chez la vache en lactation, mais il est maintenant retiré du marché.

Actuellement les industriels s'entourent d'un maximum de garanties d'efficacité et de sécurité en faisant procéder à de nombreux essais de leur produit avant leur commercialisation : toxicité, résidus, évaluation de l'efficacité *in vitro* mais plus rarement d'essais visant à démontrer l'efficacité à prévenir les infections mammaires *in vivo* [17].

2.8 TESTS D'EFFICACITE DES PRODUITS DE TREMPAGE

Des études *ex vivo* sur trayons excisés, prélevés à l'abattoir ont été proposées par le National Mastitis Council [28]. Dans celles-ci, vingt trayons sont trempés dans une suspension de germes de concentration connue ; dix d'entre eux sont ensuite trempés pendant dix minutes dans le produit à tester, les dix autres servant de témoins. On compare alors les populations microbiennes après l'essai sur les deux séries de trayons. Ces techniques ne sont plus pratiquées car elles n'offrent pas une fiabilité toujours satisfaisante et exigent un matériel particulier (trayon excisés).

Des méthodes *in vitro*, selon des procédures normalisées, permettent actuellement d'évaluer l'efficacité des produits sur les germes pathogènes. Il existe des normes AFNOR [17] :

- activité bactéricide par dilution-neutralisation (NF T 72-150) et par filtration sur membrane (NF T 72-151)
- fongicide (NF T 72-200 et 72-201)
- virucide (NF T 72-180 et 72-181)
- sporicide (NF T 72-230 et 72-231)
- sur milieu inerte (NF T 72-190)
- sur milieu interférant (NF T 72-170 et 72-171) : le lait et la matière organique

Aux Etats-Unis, on utilise des normes A.O.A.C. Les essais consistent, par exemple, à mettre des suspensions bactériennes en contact d'une solution antiseptique selon des paramètres définis (concentration du produit, souches bactériennes, temps de contact, température du milieu, présence de matières interférentes et leur nature (lait, albumine, …)). Les résultats sont indiqués sous la forme logarithmique du rapport entre les germes sur les milieux traités et les témoins (log réduction), on estime qu'une réduction de 4 log de la population bactérienne est satisfaisante [3, 39]. L'utilisation de modèle standard autorise à comparer les résultats entre eux.

L'efficacité *in vivo* est jugé lors d'essai terrain par l'habilité du produit de trempage à réduire l'incidence des infections mammaires sur le terrain. Le critère principal d'évaluation est le taux de nouvelles infections diagnostiquées dans le lot expérimental comparé au lot témoin. Ces essais permettent aussi d'étudier l'activité du produit sur l'état de la peau des trayons, la consommation moyenne et sa facilité de stockage et d'utilisation. Deux protocoles validés par le *National Mastitis Council* américain sont disponibles [28].

Le protocole 1 est réalisé dans des conditions de contamination expérimentale. Pour tous les animaux testés, tous les trayons sont trempés après la traite dans une solution contenant des germes responsables de mammites puis immédiatement un trayon à l'avant et un autre à l'arrière de la mamelle sont trempés dans le produit à l'essai et les deux autres, non trempés, servent de témoin. Ce protocole permet d'avoir un taux de nouvelles infections très important dans le lot témoin, jusqu'à 80 %, ce qui permet d'observer des différences significatives entre les lots en réduisant le nombre d'animaux nécessaires (par exemple 165 animaux pendant 3 mois [30]). De plus, les contaminations expérimentales ont une répétabilité qui autorise une comparaison dans le temps et l'espace des produits testés [34]. Cependant, elles impliquent de disposer de modèle d'infection bien standardisée et actuellement seule l'efficacité à réduire l'incidence des infections par *Staphylococcus aureus* et à *Streptococcus agalactiae* sont évaluées par cette méthode.

Le protocole 2 est réalisé dans des conditions d'expositions naturelles. Il nécessite un effectif et une durée plus importants qui est parfois difficile à déterminer *a priori* compte tenu que la fréquence et la répartition des nouvelles infections sont assez imprévisibles (Poutrel utilisa 269 animaux pendant 12 mois [35]). Il s'agit le plus souvent d'essais multicentriques. Les conditions de l'essai (choix des élevages, des animaux) doivent être bien précisées de manière à ce que les résultats puissent faire l'objet de conclusion généralisable à une population définie. Pour des raisons pratiques, les animaux sont séparés en deux lots : un lot trempés avec le produit à l'essai et un lot témoin qui pourra être négatif (sans trempage) ou positif (trempage avec un produit de référence). Le choix du produit de référence en fonction des objectifs de l'essai est primordial pour valider la démonstration et valoriser l'étude, par exemple, à des fins commerciales. Les résultats sont exprimés en pourcentage de réduction de nouvelles infections du lot traité par rapport au lot témoin réparties selon les espèces bactériennes responsables. L'évolution de l'état général de la peau des trayons (souplesse, hydratation, …), des lésions spécifiques du trayon (verrues, croûtes, …) et des lésions du bout du trayon sont notés régulièrement et les résultats sont présentés sous la forme de pourcentage de trayons dont l'état s'est amélioré ou détérioré dans chaque troupeau et tous troupeaux confondus [39]. En outre, la consommation de produit est estimée en litre par vache et par an.
La réalisation de tel essai est assez lourde et chère : entre 7 500 et 15 000 euros [39]. Cependant, ils permettent de préciser les indications des spécialités testées et les conditions dans lesquelles elles trouvent leur meilleure efficacité.

La rémanence des produits peut être estimé en réalisant à intervalle régulier des comptages de bactéries à la surface de la peau de trayons trempés juste après la traite et en le comparant avec des trayons non trempés [17].

DEUXIEME PARTIE

ETUDE EXPERIMENTALE

1 OBJECTIFS DE L'ESSAI

L'essai s'inscrit dans la perspective de commercialisation de deux nouveaux produits de trempage. Nous avons mené deux essais séparés, visant à fournir des références techniques comparatives sur les produits testés par rapport à ses concurrents sur le marché.

L'objectif principal est de comparer l'efficacité du « produit 1 » et du « produit 2 » sur la qualité cosmétique de la peau du trayon chez la vache laitière dans des conditions de terrain, en le comparant au produit de trempage habituellement utilisé par chaque éleveur.

Les objectifs secondaires sont de :

- comparer le nombre de nouvelles infections mammaires survenues durant la période de l'essai (2 mois) dans le groupe traité par rapport au groupe témoin pour chacun des produits de l'étude.

- recueillir les observations des utilisateurs sur les effets secondaires éventuels du produit, la facilité d'emploi, la consommation et la conservation.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PLAN DE L'ESSAI

2.1.1 CENTRE

Il s'agit d'une étude multicentrique, nous avons retenu deux élevages pour chaque produit. Les exploitations ayant participé à l'étude ont été choisies dans la clientèle de l'Unité clinique rurale de l'Ecole nationale vétérinaire de Lyon, Rhône (69). C'est une région de semi-montagne avec des exploitations familiales exerçant souvent une polyculture et une exploitation saisonnière de vergers (cerise, pomme) ou de vignes. Ces exploitations ont en moyenne 25-40 vaches laitières en lactation et certaines ont développé des ateliers annexes : vaches allaitantes, veaux de boucherie ou porcs.

2.1.2 PERIODE

L'étude a été réalisée de novembre 2003 à janvier 2004. En effet, il existe deux périodes à risque pour les affections du trayon : l'automne et le printemps où les conditions d'hygrométrie et de température sont des facteurs de risque pour les gelures, gerçures et crevasses de la peau du trayon [41].

2.1.3 DUREE DE L'ESSAI

Une durée de deux mois a été choisie car elle semble suffisante pour pouvoir noter une amélioration de la qualité de la peau.

2.2 PRODUITS ETUDIES

2.2.1 PRODUITS A L'ESSAI

Deux nouveaux produits de trempage ont été étudiés : un produit 1 et un produit 2. Ils se présentent sous une forme liquide prête à l'emploi. Le produit 1 est coloré en bleu et le produit 2 est coloré en jaune.

2.2.2 PRODUITS DE REFERENCE

Le groupe témoin est trempé avec le produit de trempage habituellement utilisé par l'éleveur. Les exploitations retenues utilisent des produits de trempage du commerce.

- élevage 1A : produit iodé filmogène
- élevage 1B : produit iodé
- élevage 2A : produit iodé
- élevage 2B : produit à base d'acide laurique

Les produits de référence sont sous une forme liquide prête à l'emploi. Ils sont tous de coloration rouge.

2.2.3 CONDITIONS D'ADMINISTRATION

Le trempage est réalisé par l'éleveur, comme à son habitude, juste après la dépose des manchons-trayeurs à l'aide d'un gobelet de trempage « avec retour » fourni à cet effet. Le trempage doit concerner plus des deux tiers de la longueur du trayon, de tous les trayons, de tous les animaux du groupe, à toutes les traites pendant toute la durée de l'étude. Etant donné la coloration et les caractéristiques des produits de trempage (figure 27), l'administration ne pouvait pas se faire en aveugle.

Figure 27 : Gobelet de trempage

2.3 SUJETS DE L'ESSAI

2.3.1 SELECTION DES ELEVAGES

Le recrutement des élevages a été réalisé par un des vétérinaires traitants (Dr N. GIRAUD) selon des critères qualitatifs :

- acceptation de l'essai par les éleveurs
- inscription au contrôle laitier
- recueil d'un nombre d'animaux suffisant
- particularités d'élevage :
    - élevage 1A : problèmes de comptage cellulaire élevé dans le tank
    - élevage 1B : ayant déjà participé à une étude expérimentale
    - élevage 2A : ayant déjà participé à une étude expérimentale
    - élevage 2B : problèmes récidivants de maladies de la peau du trayon (pseudo-variole en début d'hiver et début de printemps)

Figure 28 : Sélection des élevages

2.3.2 SELECTION DES SUJETS

2.3.2.1 CRITERES D'INCLUSION ET DE NON-INCLUSION

Tous les trayons de toutes les vaches en lactation à J0 sont *a priori* éligibles pour l'essai. Les trayons correspondant à des quartiers taris, qui sont non trempés, sont exclus de l'expérimentation. Les trayons blessés accidentellement (sans relation avec l'utilisation du produit de trempage) seront retirés de l'analyse [39].

2.3.2.2 REPARTITION DES ANIMAUX DANS LES LOTS

Nous avons réalisé deux lots de vaches dans chaque exploitation. L'inclusion des animaux s'est faite lors de la première visite, en fonction de l'ordre d'arrivée sur le quai de traite. Une vache sur deux était dans le lot traité, sauf dans l'élevage 2B. Dans cet élevage, ils ont l'habitude de traire à deux, avec chacun son quai de traite et les vaches passent toujours dans le même ordre. Nous avons donc inclus toutes les vaches passant sur un des quais dans le lot traité et toutes les vaches passant sur l'autre quai dans le lot de référence.

2.4 CRITERES D'EVALUATION

Nous avons utilisé une grille de notation clinique regroupant plusieurs paramètres :

- une note croissante de 1 à 6 correspondant à l'état de la peau. Les notes les plus basses correspondant à des trayons en bon état. (voir annexe 5)
- lésions primaires de la peau du corps du trayon avec une note de 1 à 3 en fonction du nombre de lésions (1 : peu de lésions, 2 : 4-5 lésions, 3 : nombreuses lésions) et une note de a, b ou c en fonction de l'étendue de la lésion (a < 0,2 cm, 0,2 < b < 0,5 cm et c > 0,5 cm) (voir annexe 7)
- lésions du bout du trayon avec une note a, b ou c en fonction de la gravité de la lésion (a : peu grave, b : grave, c : très grave) (voir annexe 6)

Quatre examens cliniques ont été réalisés à J0, J15 +/- 3, J30 +/- 3, J60 +/- 3, lors de la traite du soir (voir le calendrier de l'essai, chapitre 2.7.3). Les observations ont été réalisées entre le nettoyage et la pose du manchon trayeur et les résultats reportés dans une fiche standard. (voir annexe 4)

2.5 NOMBRE DE SUJETS NECESSAIRES

La détermination du nombre de sujets nécessaires a pris en compte comme critère principal la note d'état de la peau.

Houe [20] au Danemark, avec ce même critère, rapporte un pourcentage de notes supérieures ou égales à 4 de 22 %, correspondant à un mauvais état de la peau. En choisissant un risque α bilatéral de 0,05 (intervalle de confiance à 90%) et un risque β de 0,10 (puissance de 90%), le nombre minimum de sujets éligibles pour montrer une réduction de 15% de la proportion de note d'état de peau supérieure ou égale à 4 (avec un pourcentage de départ de p_1=25%, soit p_2=10%) est d'après Schwartz [38] de :

$$n = \frac{(Z_{2\alpha} + Z_{\beta})^2}{2 * (\arcsin \ p_2 - \arcsin \ p_1)} = 105$$

Les quatre trayons de la vache sont considérés comme des sujets indépendants. Un échantillon de 30 vaches (soit 120 trayons) par lot a finalement été retenu. Compte tenu de la taille moyenne des exploitations éligibles, l'essai est multicentrique : deux élevages sont recrutés pour chaque produit.

2.6 METHODE STATISTIQUE D'ANALYSE

L'analyse de la répartition des effectifs dans les différentes classes considérées est réalisée à l'aide de tests du khi deux relatifs aux variables qualitatives.

2.7 CONDUITE DE L'ESSAI

2.7.1 ORGANISATION GENERALE

Cette étude a été menée par :

- Pr. François BADINAND — *Pathologie de la reproduction, ENVL*
  Organisateur et coordinateur
- Dr. Nobert GIRAUD — *Unité clinique rurale, ENVL*
  Organisateur et coordinateur
- Emmanuel DUMAS — *Etudiant en T1 pro clinique rurale, ENVL*
  Examinateur et rapporteur.

En cas d'incidents ou de questions au cours de l'essai, les éleveurs pouvaient contacter directement Dr. GIRAUD à l'Unité clinique rurale de l'ENVL.

2.7.2 IDENTIFICATION DES ANIMAUX

L'identification des lots d'animaux a été faite avec un bracelet à un des postérieurs avec un scotch de couleur (bleu pour le produit 1, jaune pour le produit 2 et orange pour le lot témoin). Devant le risque de perte des bracelets, nous avons doublé l'identification avec une bombe de marquage pour animaux de la couleur correspondant au lot de manière à conserver en permanence un moyen d'identification.

Figure 29 : Identification des animaux

De plus, nous avons laissé aux éleveurs, la liste d'identification des lots (voir annexe 1) avec le nom ou le numéro de travail des animaux correspondant. Pour faciliter l'identification des animaux, lors des visites de notation clinique, nous avions mis en place un numéro d'ordre dans les lots qui était reporté au feutre indélébile sur les bracelets aux postérieurs.

2.7.3 CALENDRIER

Tableau 11 : Dates des visites dans chaque élevage pour les deux produits

		J 0	J 15 +/- 3	J 30 +/- 3	J 60 +/- 3
Produit 1	élevage 1A	13/11/03	27/11/03	11/12/03	16/01/04
	élevage 1B	20/11/04	09/12/04	18/12/03	17/01/04
Produit 2	élevage 2A	18/11/03	29/11/03	16/12/03	19/01/04
	élevage 2B	19/11/03	08/12/04	17/12/04	15/01/04

3 RESULTATS

3.1 PRODUIT 1

3.1.1 DESCRIPTION DES SUJETS

Tableau 12 : Description des élevages où est étudié le produit 1

Elevages	Animaux	Bâtiments
1A	24 vaches principalement de race Prim'holstein et quelques Montbéliardes	Stabulation libre avec une aire paillée
1B	38 vaches principalement de race Prim'holstein et quelques Montbéliardes	Stabulation libre avec des logettes paillées plus un accès à un pré 3 à 4 heures par jour

	Installation de traite	Préparation de la mamelle	Remarque
1A	2 x 4 vérifiée en janvier 2003	Humidification des trayons et essuyage papier	Problème de comptage cellulaire élevé dans le tank.
1B	2 x 5 avec décrochage automatique vérifiée en avril 2003. manchons en silicone, changés en septembre 2002	Essuyage papier et traite des premiers jets dans un bol à fond noir	

Remarque : l'exploitation 1B n'était plus au contrôle laitier donc nous n'avons pas eu accès aux comptages cellulaires individuels. Cependant, les comptages cellulaires du lait de tank livré à la laiterie n'ont pas dépassé 100.000 cellules/ml pendant toute la durée de l'essai ce qui est une valeur très acceptable et témoigne d'un très faible niveau d'infection intra-mammaire.

3.1.2 COMPARAISON DES LOTS A J0

L'homogénéité des lots après la répartition des animaux dans les lots à la première visite (J0) est appréciée en tenant compte des facteurs de production (rang de lactation, niveau de production et comptage cellulaire individuel) et des facteurs rendant compte de l'aspect du trayon (note d'état de la peau, présence de papillomes, de croûtes ou d'éversion du bout du trayon).

Les facteurs de production sont indiqués pour chaque élevage :

Tableau 13 : Comparaison des moyennes dans les lots à J0 pour l'élevage 1A

Elevage 1A	Produit 1	Produit de référence	Degré de signification
Rang moyen de lactation	3,27 [1,90-4,64]	3,33 [1,82-4,84]	p=0,954
Niveau de production (en litres)	22,84 [20,84-25,24]	22,63 [19,98-25,28]	p=0,912
Comptage cellulaire individuel (en milliers par ml)	399 [107-691]	170 [34-306]	p=0,182

[intervalle de confiance à 5%]

Tableau 14 : Comparaison des moyennes dans les lots à J0 pour l'élevage 1B

Elevage 1B	Produit 1	Produit de référence	Degré de signification
Rang moyen de lactation	1,87 [0,96-2,78]	1,94 [1,31-2,57]	p=0,901
Niveau de production (en litres)	35,87 [32,55-39,19]	34,50 [29,61-39,39]	p=0,654
Comptage cellulaire individuel (en milliers par ml)	-	-	

[intervalle de confiance à 5%]

Les facteurs « dermatologiques » sont indiqués pour l'ensemble des animaux des deux élevages :

Tableau 15 : Répartition du nombre de trayons selon les notes d'état de la peau à J0 par élevage et pour tous les élevages

Note		1	2	3	4	5	Total	Degré de signification
Elevage 1A	Produit 1	0	24	3	1	12	40	p=0,0713
	Produit de référence	0	20	12	3	9	44	
Elevage 1B	Produit 1	4	18	22	12	4	60	p=0,306
	Produit de référence	4	24	24	12	0	64	
Total	Produit 1	4	42	25	13	16	100	p=0,429
	Produit de référence	4	44	36	15	9	108	

1 : peau lisse comme de la soie 2 : peau lisse
3 : peau légèrement rêche 4 : peau rêche 5 : peau craquelée

Tableau 16 : Répartition des papillomes à J0

	absents	peu nombreux	nombreux	Total	Degré de signification
Produit 1	84	15	1	100	p=0,278
Produit de référence	93	11	4	108	

peu nombreux : pap1a, pap2a, pap3a, pap1b
nombreux : pap2b, pap3b, pap1c, pap2c, pap3c

Tableau 17 : Répartition des croûtes à J0

	absentes	peu nombreuses	nombreuses	Total	Degré de signification
Produit 1	98	2	0	100	p=0,940
Produit de référence	106	2	0	108	

peu nombreuses : c1a, c2a, c1b
nombreuses : c3a, c2b, c3b, c1c, c2c, c3c

Tableau 18 : Répartition des éversions du bout du trayon à J0

	absentes	stade 1	stade 2	Total	Degré de signification
Produit 1	68	29	3	100	p=0,098
Produit de référence	82	19	7	108	

stade 1 : anneau blanc
stade 2 : anneau croûteux dit en choux-fleur voire ulcération

3.1.3 CONDUITE DU PROTOCOLE

Deux animaux ont vêlé dans l'élevage 1A, entre la visite J0 et J15 et ont été inclus un dans chaque lot à J15.

Neuf animaux ont été perdus de vue pendant la période d'essai : deux animaux dans l'élevage 1A et sept animaux dans l'élevage 1B. Les causes sont diverses : animaux arrivant en période de tarissement, animaux vendus pour cause de dépassement de quota et un animal accidenté. Les trayons de ces animaux ont été retirés de l'analyse.

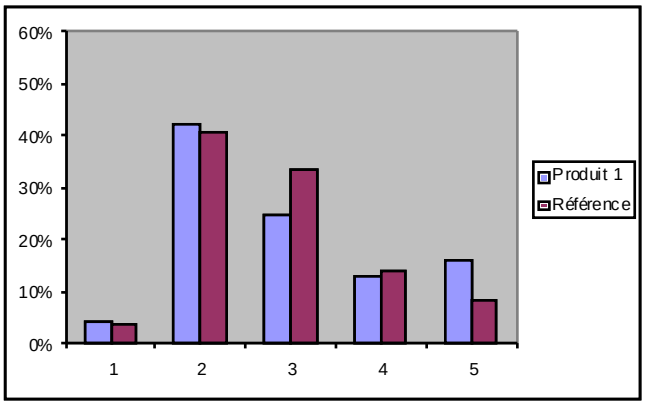
3.1.4 EVOLUTION DE LA QUALITE DES TRAYONS

3.1.4.1 NOTES D'ETAT DE LA PEAU

3.1.4.1.1 Description classe par classe

Les notes d'état de la peau des trayons s'étalent de 1 à 5. Il n'y avait pas de note 6 correspondant à un trayon très abîmé, rainuré avec une peau cassante, cette classe n'apparaît donc pas dans les résultats. Les effectifs classe par classe sont indiqués ci-dessous à J0 et à J60 :

A J0

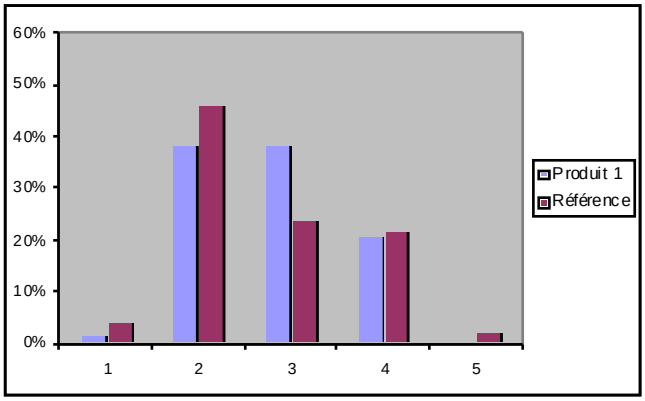


Note	1	2	3	4	5	Total
Produit 1	4	42	25	13	16	100
Produit de référence	4	44	36	15	9	108

1 : peau lisse comme de la soie 2 : peau lisse
3 : peau légèrement rêche 4 : peau rêche 5 : peau craquelée

Figure 30 : Distribution (en %) des trayons et répartition du nombre de trayons en fonction de l'état de la peau à J0

A J60



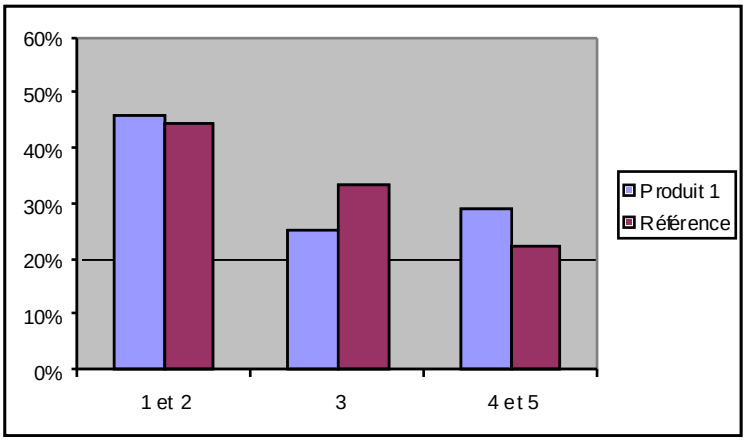
Note	1	2	3	4	5	Total
Produit 1	2	40	40	22	0	104
Produit de référence	5	52	27	25	3	112

1 : peau lisse comme de la soie 2 : peau lisse
3 : peau légèrement rêche 4 : peau rêche 5 : peau craquelée

Figure 31 : Distribution (en %) des trayons et répartition du nombre de trayons en fonction de l'état de la peau à J60

Compte tenu des faibles effectifs dans les classes extrêmes, il convient de les regrouper pour effectuer le test du khi deux :

A J0

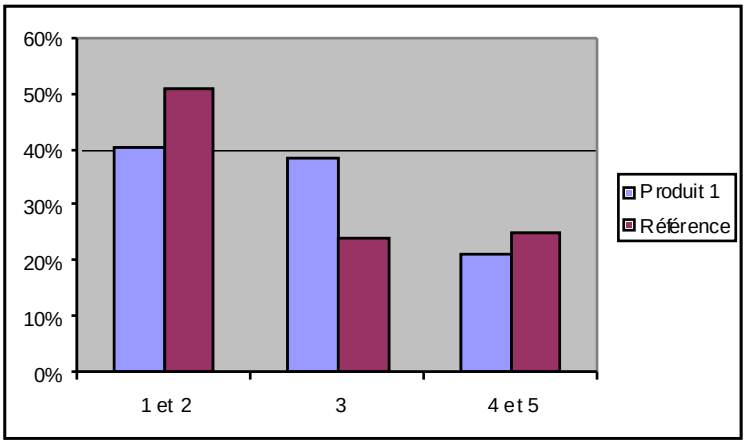


Note	1 et 2	3	4 et 5	Total	Degré de signification
Produit 1	46	25	29	100	p=0,334
Produit de référence	48	36	24	108	

1 : peau lisse comme de la soie 2 : peau lisse
3 : peau légèrement rêche 4 : peau rêche 5 : peau craquelée

Figure 32 : Distribution (en %) des trayons et répartition du nombre de trayons en regroupant les classes extrêmes à J0

A J60



Note	1 et 2	3	4 et 5	Total	Degré de signification
Produit 1	42	40	22	104	p=0,073
Produit de référence	57	27	28	112	

1 : peau lisse comme de la soie 2 : peau lisse
3 : peau légèrement rêche 4 : peau rêche 5 : peau craquelée

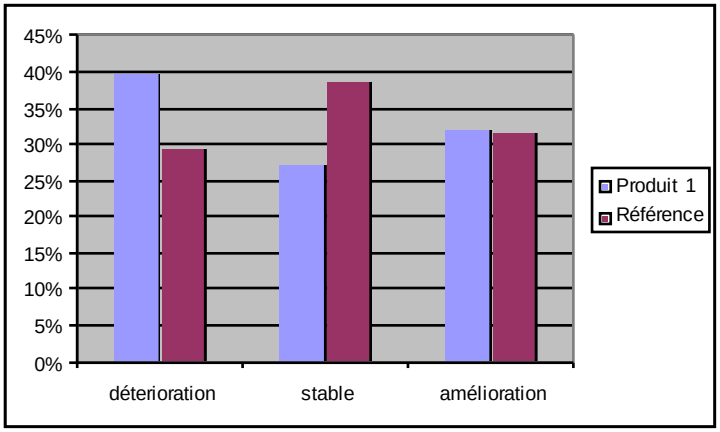
Figure 33 : Distribution (en %) des trayons et répartition du nombre de trayons en regroupant les classes extrêmes à J60

Il apparaît une différence dans la répartition des effectifs (p=0,07) à J60 : il y a plus de notes 1 et 2 avec le produit de référence et plus de notes 3 avec le produit 1. Cependant la proportion de note 4 et 5 a peu évolué avec le produit de référence et a un petit peu diminué avec le produit 1 (- 8%).

3.1.4.1.2 Evolution de l'état de la peau

En considérant la différence de note entre J0 et J60, on peut classer les évolutions en trois classes : détérioration (la différence est positive : l'état de la peau s'est dégradé), stable (la note reste inchangée) ou amélioration (la différence est négative : l'état de la peau s'est amélioré).

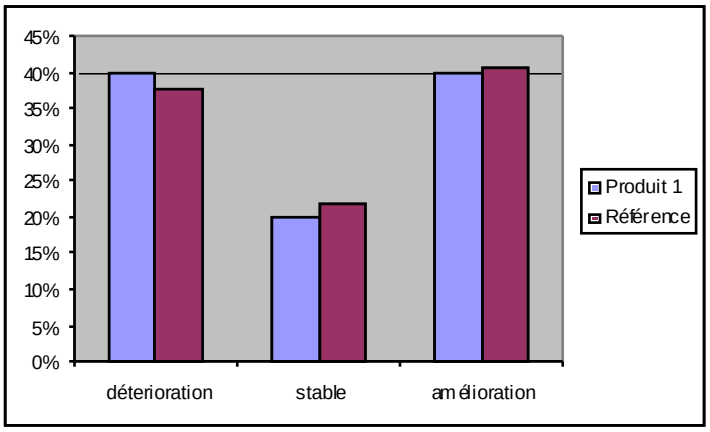
Elevage 1A



	détérioration	stable	amélioration	Total	Degré de signification
Produit 1	16	11	13	40	p=0,483
Produit de référence	13	17	14	44	

Figure 34 : Distribution (en %) et répartition de l'évolution des notes dans l'élevage 1A

Elevage 1B

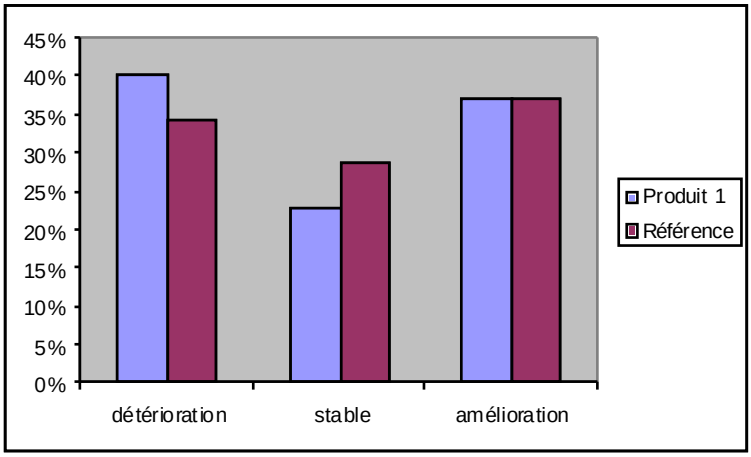


	détérioration	stable	amélioration	Total	Degré de signification
Produit 1	24	12	24	60	p=0,949
Produit de référence	24	14	26	64	

Figure 35 : Distribution (en %) et répartition de l'évolution des notes dans l'élevage 1B

Il n'apparaît pas de différence significative entre les répartitions de l'évolution de l'état de la peau des trayons dans les deux lots.

Elevage 1A et 1B

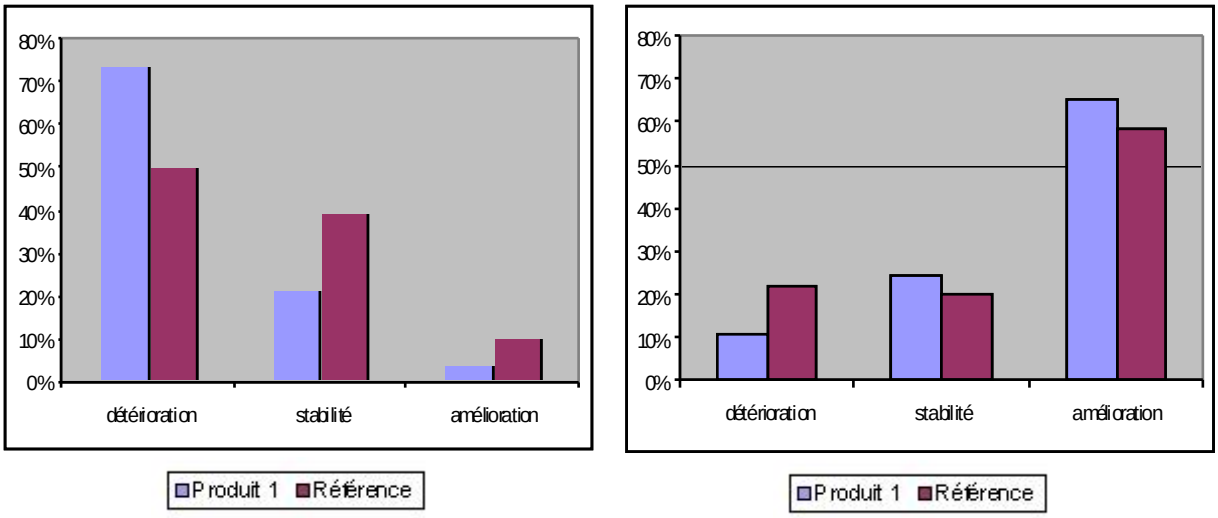


	détérioration	stable	amélioration	Total	Degré de signification
Produit 1	40	23	37	100	p=0,573
Produit de référence	37	31	40	108	

Figure 36 : Distribution (en %) et répartition de l'évolution des notes dans les deux troupeaux

Il n'apparaît pas de différence significative entre les distributions de l'évolution de l'état de la peau des trayons dans les deux lots.

On peut aussi considérer l'évolution de l'état de la peau du trayon en fonction de la note initiale. On différencie ainsi l'évolution des trayons peu abîmés (note inférieure ou égale à 2) et celle des trayons en mauvaise état (note supérieure ou égale à 3).



Note initiale inférieure ou égale à 2
p=0,056

Note initiale supérieure ou égale à 3
p=0,315

Figure 37 : Evolution en fonction de l'état initial de la peau

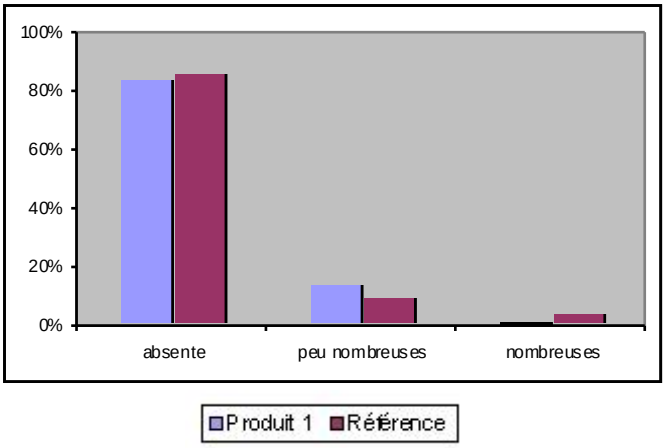
Il apparaît que pour les trayons initialement en bon état, il y a peu d'amélioration de la note. De plus, il y a eu plus de détérioration avec le produit 1 (74%) qu'avec le produit de référence (50%). Cette tendance se confirme dans les deux élevages (figure non rapportée).

A l'opposé, il apparaît que pour les trayons initialement en mauvais état, il y a eu moins de détérioration avec le produit 1 (11%) qu'avec le produit de référence (22%).

3.1.4.2 LESIONS

3.1.4.2.1 Les papillomes (ou verrues)

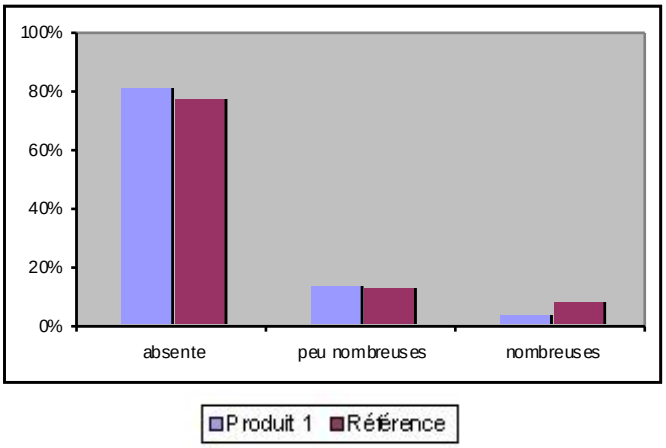
A J0



	absents	peu nombreux	nombreux	Total	Degré de signification
Produit 1	84	15	1	100	p=0,278
Produit de référence	93	11	4	108	

Figure 38 : Distribution (en %) et répartition du nombre de papillomes à J0

A J60



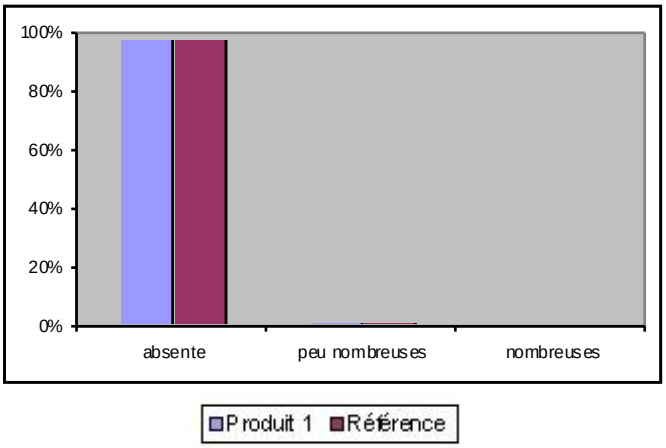
	absents	peu nombreux	nombreux	Total	Degré de signification
Produit 1	85	15	4	104	p=0,316
Produit de référence	87	15	10	112	

Figure 39 : Distribution (en %) et répartition du nombre de papillomes à J60

Il n'apparaît pas de différence significative entre les distributions des fréquences de lésions de papillome sur la peau des trayons dans les deux lots.

3.1.4.2.2 Les croûtes

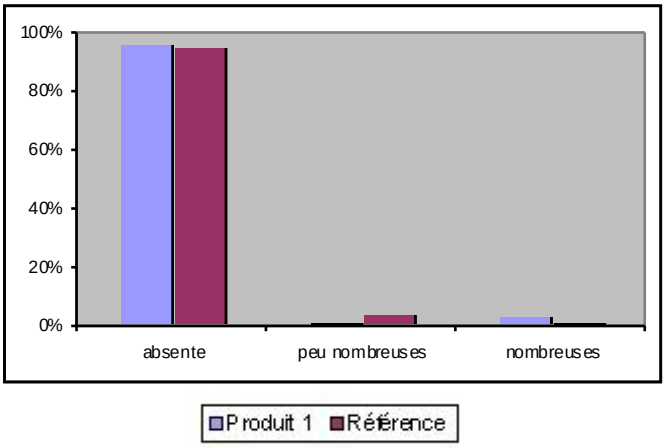
A J0



	absents	peu nombreux	nombreux	Total	Degré de signification
Produit 1	98	2	0	100	non réalisable
Produit de référence	106	2	0	108	

Figure 40 : Distribution (en %) et répartition du nombre de croûtes à J0

A J60



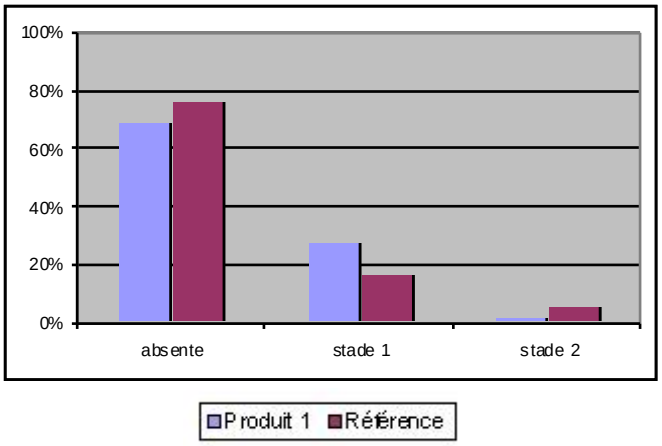
	absents	peu nombreux	nombreux	Total	Degré de signification
Produit 1	100	1	3	104	non réalisable
Produit de référence	107	4	1	112	

Figure 41 : Distribution (en %) et répartition du nombre de croûtes à J60

Il n'apparaît pas de différence significative entre les distributions des fréquences de lésions croûteuses sur la peau des trayons dans les deux lots.

3.1.4.2.3 Les éversions du bout du trayon

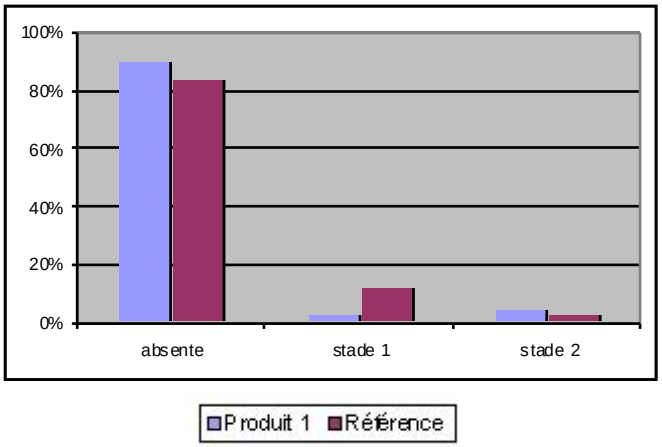
A J0



	absentes	Stade 1	Stade 2	Total	Degré de signification
Produit 1	68	29	3	100	p=0,098
Produit de référence	82	19	7	108	

Figure 42 : Distribution (en %) et répartition du nombre d'éversions à J0

A J60

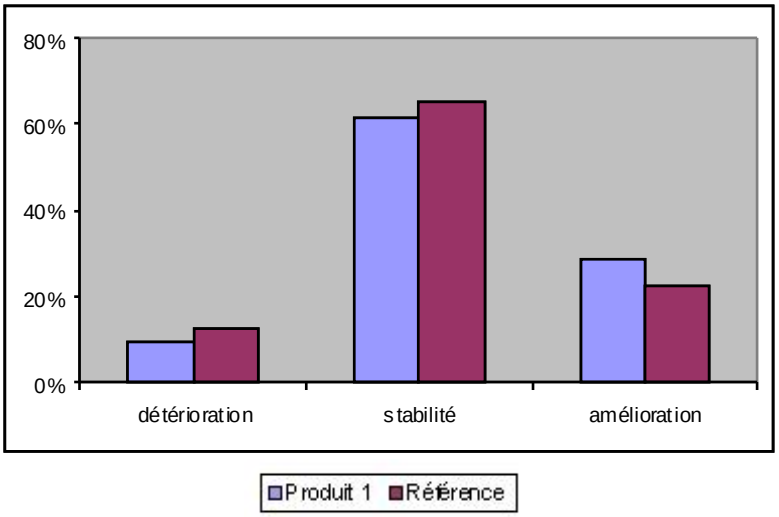


	absentes	Stade 1	Stade 2	Total	Degré de signification
Produit 1	94	4	6	104	p=0,058
Produit de référence	94	14	4	112	

Figure 43 : Distribution (en %) et répartition du nombre d'éversions à J60

Il apparaît une réduction du nombre d'éversion entre J0 et J60 et cette réduction semble plus importante avec le produit 1 (-22%) par rapport au produit de référence (-8%).

En considérant l'évolution propre de chaque trayon, en faisant la différence entre l'état d'éversion de J0 et de J60, on peut classer les évolutions en trois classes : détérioration (apparition ou aggravation d'une éversion), stabilité (absence de changement) ou amélioration (disparition ou passage d'une stade 2 à une stade 1).



	Détérioration	Stabilité	Amélioration	Total	Degré de signification
Produit 1	10	64	30	104	p=0,492
Produit de référence	14	73	25	112	

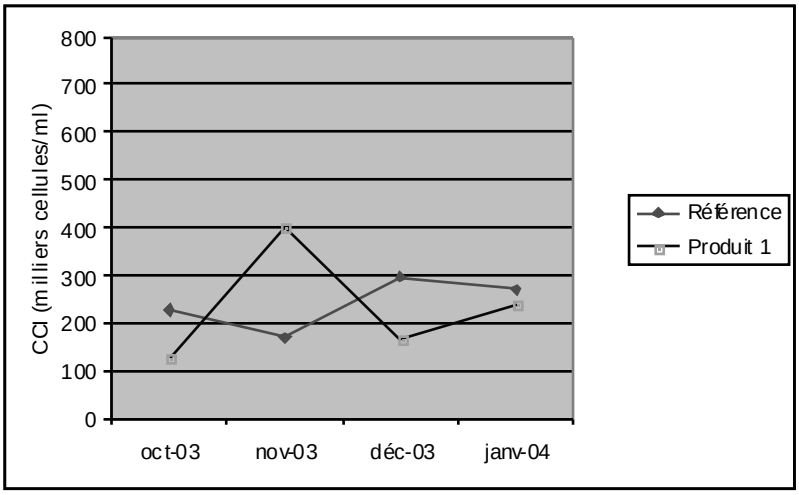
Figure 44 : Distribution (en %) et répartition de l'évolution de l'état d'éversion du bout du trayon

Il apparaît alors, de manière non significative, une légère amélioration de l'état d'éversion du bout du trayon avec le produit 1.

3.1.4.2.4 Mammites et comptage cellulaire

Elevage 1A

Il y a eu une mammite diagnostiquée et traitée dans le lot de référence au cours de la période d'essai.



CCI	19/10/2003	22/11/2003	20/12/2003	17/01/2004
Produit 1	128 [101-155]	399 [299-499]	165 [134-196]	236 [183-289]
Produit de Référence	228 [137-319]	170 [123-217]	296 [231-361]	267 [214-320]

moyenne [intervalle de confiance à 5%]

Figure 45 : Evolution des moyennes de comptage cellulaire individuel dans le troupeau 1A

Aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les deux lots.

Elevage 1B

Il y a eu une mammite dans le lot traité et une mammite dans le lot de référence qui ont nécessité un traitement.

Nous n'avions pas accès aux comptages cellulaires individuels mais aux comptages cellulaires sur lait de tank (CCT) qui sont restés stables pendant toute la période d'étude (Tableau 19).

Tableau 19 : Evolution du comptage cellulaire sur lait de tank dans le troupeau 1B

	CCT (en millier de cellules/ml)
Octobre 03	50
Novembre 03	80
Décembre 03	50
Janvier 04	90

3.2 PRODUIT 2

3.2.1 DESCRIPTION DES SUJETS

Tableau 20 : Description des élevages où est étudié le produit 2

Elevages	Animaux	Bâtiments
2A	32 vaches de race Prim'Holstein	Stabulation libre avec des logettes paillées et un accès à un pré
2B	25 vaches de race Montbéliardes	Stabulation libre avec une aire paillée et un accès à un pré

	Installation de traite	Préparation de la mamelle	Remarque
2A	2 x 3 vérifié en novembre 2003, manchons en caoutchouc changés en avril 2003	Nettoyage avec une lavette individuelle trempée dans une solution nettoyante (P3-Dermasoft®)	
2B	2 x 3 vérifié en septembre 2003, manchons en caoutchouc changés en août 2003	Nettoyage avec une lavette individuelle trempée dans une solution nettoyante (Dermisan®)	Les vêlages sont regroupés en septembre pour laisser un mois sans traire en été.

3.2.2 COMPARAISON DES LOTS A J0

L'homogénéité des lots après la répartition des animaux dans les lots à la première visite (J0) est appréciée en tenant compte des facteurs de production (rang de lactation, niveau de production et comptage cellulaire individuel) et des facteurs rendant compte de l'aspect cosmétique du trayon (note d'état de la peau, présence de papillomes, de croûtes ou d'éversion du bout du trayon).

Les facteurs de production sont indiqués pour chaque élevage :

Tableau 21 : Comparaison des moyennes dans les lots à J0 pour l'élevage 2A

Elevage 2A	Produit 2	Produit de référence	Degré de signification
Rang moyen de lactation	2,53 [1,76-3,30]	2,85 [1,91-3,79]	p=0,613
Niveau de production (en litres)	29,46 [25,80-33,12]	24,71 [20,47-28,95]	p=0,107
Comptage cellulaire individuel (en milliers par ml)	229 [55-403]	133 [78-188]	p=0,313

[Intervalle de confiance à 5%]

Tableau 22 : Comparaison des moyennes dans les lots à J0 pour l'élevage 2B

Elevage 2B	Produit 2	Produit de référence	Degré de signification
Rang moyen de lactation	4,00 [2,62-5,38]	2,64 [1,84-3,44]	p=0,108
Niveau de production (en litres)	28,72 [26,14-31,30]	29,34 [27,50-31,18]	p=0,705
Comptage cellulaire individuel (en milliers par ml)	82 [45-119]	294 [0-614]	p=0,211

[Intervalle de confiance à 5%]

Les facteurs « cosmétiques » sont indiqués pour l'ensemble des animaux des deux élevages :

Tableau 23 : Répartition du nombre de trayons selon les notes d'état de la peau à J0 par élevage et pour tous les élevages

Note		1	2	3	4	5	Total	Degré de signification
2A	Produit 2	8	23	20	7	5	63*	p=0,676
	Produit de référence	8	22	10	7	5	52	
2B	Produit 2	0	12	20	16	8	56	p=0,237
	Produit de référence	0	10	22	12	0	44	
Total	Produit 2	8	35	40	23	13	119*	p=0,639
	Produit de référence	8	32	32	19	5	96	

1 : peau lisse comme de la soie 2 : peau lisse
3 : peau légèrement rêche 4 : peau rêche 5 : peau craquelée

* une vache dans le lot du produit 2 n'avait que trois quartiers traits, le quatrième était tari et non trempé.

Tableau 24 : Répartition des papillomes à J0

	absents	peu nombreux	nombreux	Total	Degré de signification
Produit 2	90	27	2	119*	p=0,437
Produit de référence	73	23	0	96	

peu nombreux : pap1a, pap2a, pap3a, pap1b
nombreux : pap2b, pap3b, pap1c, pap2c, pap3c

Tableau 25 : Répartition des croûtes à J0

	absentes	peu nombreux	nombreux	Total	Degré de signification
Produit 2	109	10	0	119*	p=0,232
Produit de référence	92	4	0	96	

peu nombreuses : c1a, c2a, c1b
nombreuses : c3a, c2b, c3b, c1c, c2c, c3c

Tableau 26 : Répartition des éversions du bout du trayon à J0

	absentes	stade 1	stade 2	Total	Degré de signification
Produit 2	103	15	1	119*	p=0,098
Produit de référence	90	6	0	96	

stade 1 : anneau blanc
stade 2 : anneau croûteux dit en choux-fleur voire ulcération

* une vache dans le lot du produit 2 n'avait que trois quartiers traits, le quatrième était tari et non trempé.

3.2.3 CONDUITE DU PROTOCOLE

Un animal a vêlé dans l'élevage 2A, entre la visite J0 et J15 et a été inclus dans le lot du produit 2 à J15.

Deux animaux ont été taris et perdus de vue pendant la période d'essai dans l'élevage 2A. Les trayons de ces animaux ont été retirés de l'analyse.

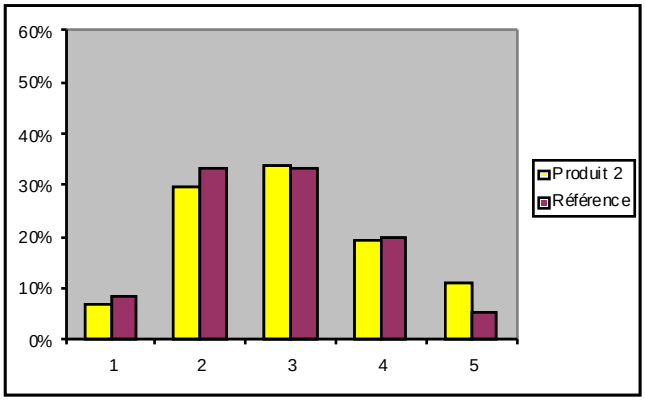
3.2.4 EVOLUTION DE LA QUALITE DES TRAYONS

3.2.4.1 NOTES D'ETAT DE LA PEAU

3.2.4.1.1 Description classe par classe

Les notes d'état de la peau s'étalent de 1 à 5. Il n'y avait pas de note 6 correspondant à un trayon très abîmé, rainuré avec une peau cassante. Les effectifs classe par classe sont indiqués ci-dessous à J0 et à J60 :

A J0

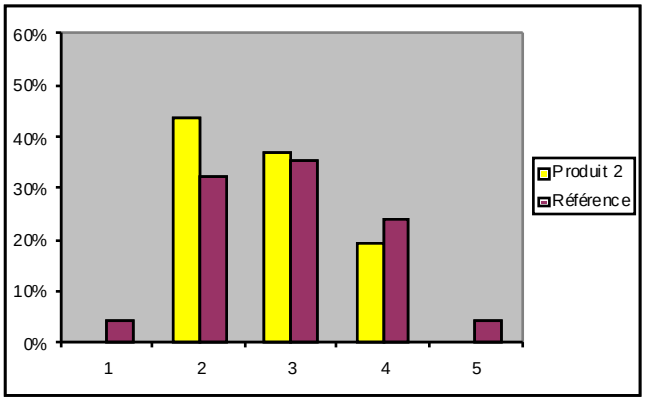


Note	1	2	3	4	5	Total
Produit 2	8	35	40	23	13	119
Produit de référence	8	32	32	19	5	96

1 : peau lisse comme de la soie 2 : peau lisse
3 : peau légèrement rêche 4 : peau rêche 5 : peau craquelée

Figure 46 : Distribution (en %) des trayons et répartition du nombre de trayons en fonction de l'état de la peau à J0

A J60



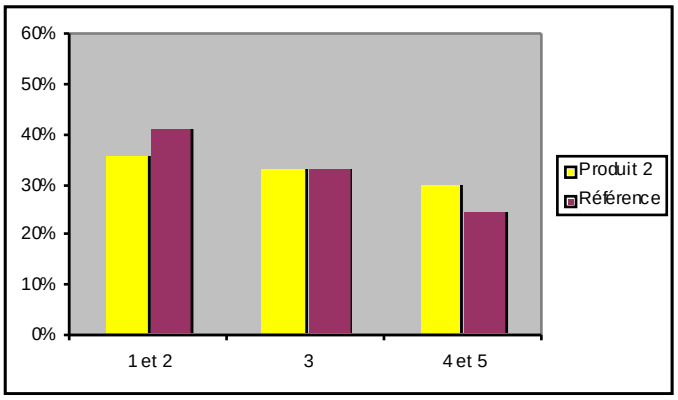
Note	1	2	3	4	5	Total
Produit 2	0	54	45	24	0	123
Produit de référence	4	31	34	23	4	96

1 : peau lisse comme de la soie 2 : peau lisse
3 : peau légèrement rêche 4 : peau rêche 5 : peau craquelée

Figure 47 : Distribution (en %) des trayons et répartition du nombre de trayons en fonction de l'état de la peau à J60

Compte tenu des faibles effectifs dans les classes extrêmes, il convient de les regrouper pour effectuer le test du khi deux :

A J0

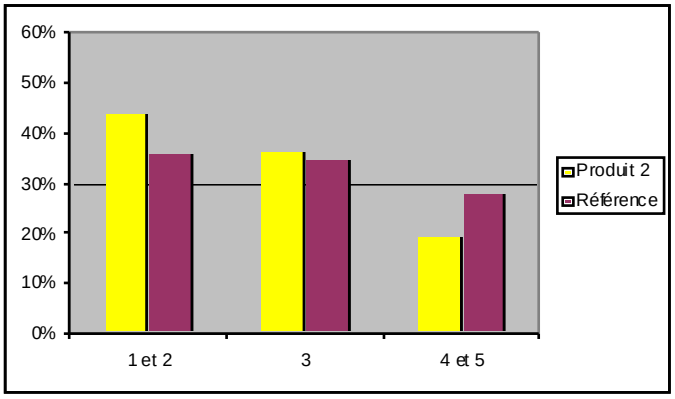


Note	1 et 2	3	4 et 5	Total	Degré de signification
Produit 2	43	40	36	119	p=0,623
Produit de référence	40	32	24	96	

1 : peau lisse comme de la soie 2 : peau lisse
3 : peau légèrement rêche 4 : peau rêche 5 : peau craquelée

Figure 48 : Distribution (en %) des trayons et répartition du nombre de trayons en regroupant les classes extrême à J0

A J60



Note	1 et 2	3	4 et 5	Total	Degré de signification
Produit 2	54	45	24	123	p=0,290
Produit de référence	35	34	27	96	

1 : peau lisse comme de la soie 2 : peau lisse
3 : peau légèrement rêche 4 : peau rêche 5 : peau craquelée

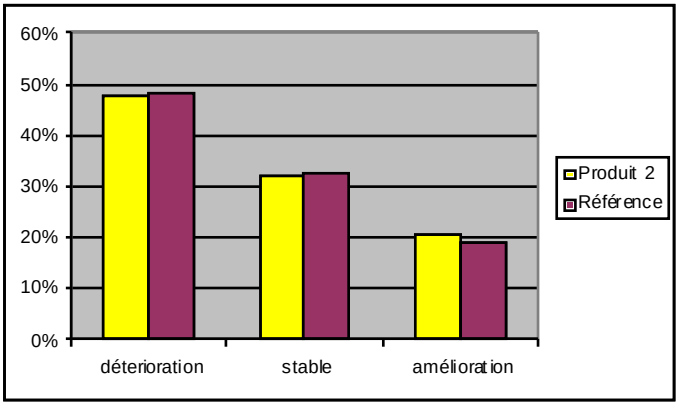
Figure 49 : Distribution (en %) des trayons et répartition du nombre de trayons en regroupant les classes extrême à J60

Il n'apparaît pas de différence significative entre les deux lots.

3.2.4.1.2 Evolution de l'état de la peau

En considérant la différence de note entre J0 et J60, on peut classer les évolutions en trois classes : détérioration (la différence est positive : l'état de la peau s'est dégradé), stable (la note reste inchangée) ou amélioration (la différence est négative : l'état de la peau s'est amélioré).

Elevage 2A

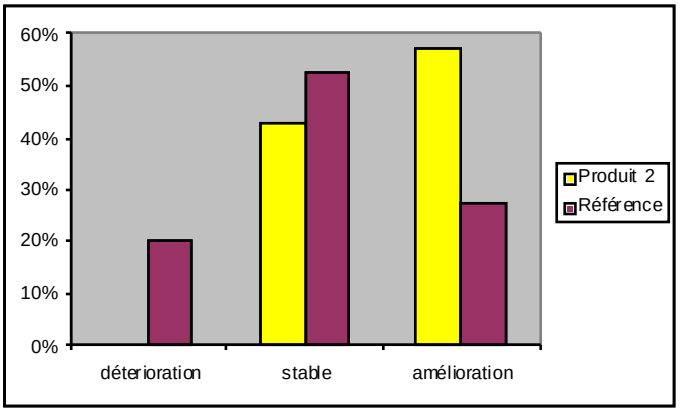


	détérioration	stable	amélioration	Total	Degré de signification
Produit 2	30	20	13	63	p=0,981
Produit de référence	25	17	10	52	

Figure 50 : Distribution (en %) et répartition de l'évolution des notes dans l'élevage 2A

Dans l'élevage 2A, il n'apparaît pas de différence significative entre les évolutions de l'état de la peau des trayons dans les deux lots.

Elevage 2B



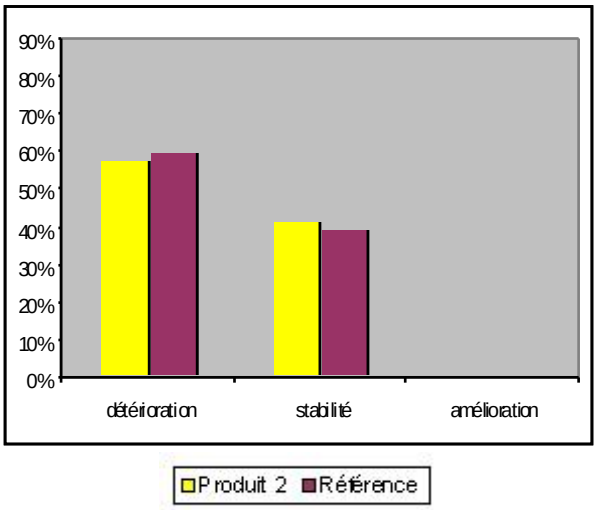
	détérioration	stable	amélioration	Total	Degré de signification
Produit 2	0	24	32	56	p=0,0115
Produit de référence	9	23	12	44	

Figure 51 : Distribution (en %) et répartition de l'évolution des notes dans l'élevage 2B

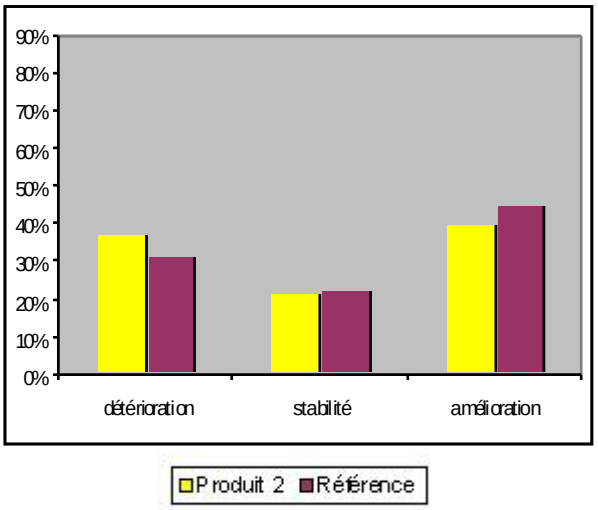
Dans l'élevage 2B, le produit 2 apporte une meilleure amélioration de la qualité de la peau (57%) que le produit de référence (27%).

On peut aussi considérer l'évolution de l'état de la peau du trayon en fonction de la note initiale. On différencie ainsi l'évolution des trayons peu abîmés (note inférieure ou égale à 2) et celle des trayons en moins bon état (note supérieure ou égale à 3).

Elevage 2A



Note initiale inférieure ou égale à 2
p=0,877

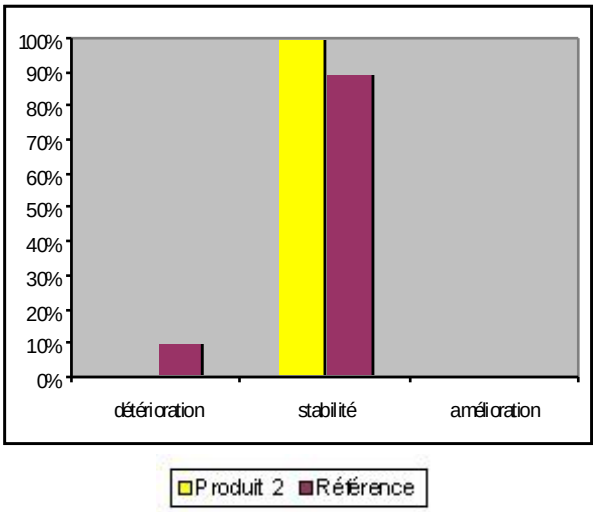


Note initiale supérieure ou égale à 3
p=0,906

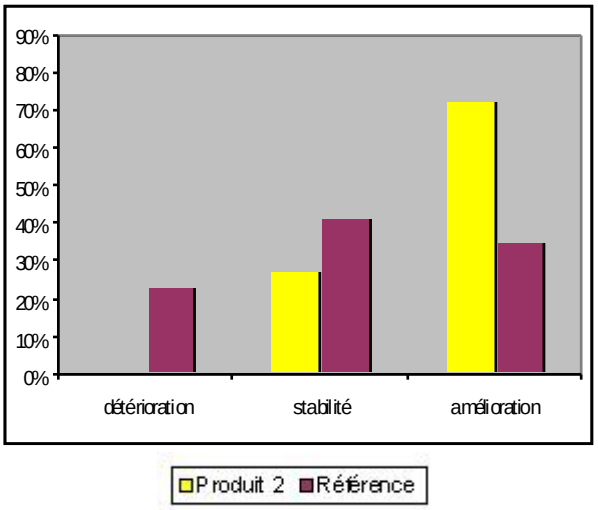
Figure 52 : Evolution en fonction de l'état initial de la peau

Dans l'élevage 2A, il n'apparaît pas de différence significative entre les évolutions de l'état de la peau des trayons dans les deux lots.

Elevage 2B



Note initiale inférieure ou égale à 2
p= *non réalisable*



Note initiale supérieure ou égale à 3
p=0,003 *(en regroupant les classes inférieures)*

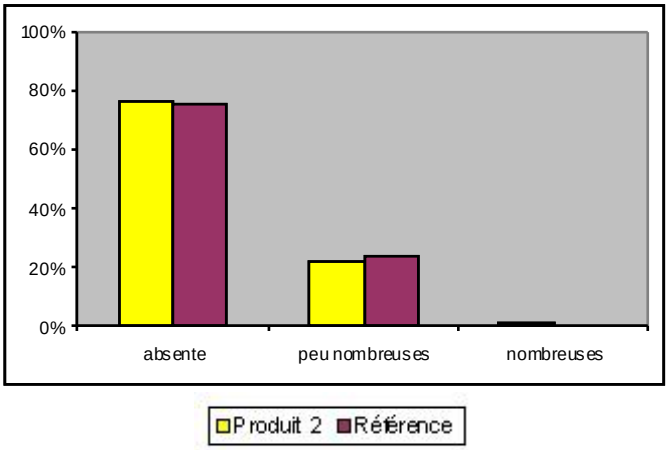
Figure 53 : Evolution en fonction de l'état initial de la peau

Dans l'élevage 2B, le produit 2 apporte une meilleure amélioration de la qualité de la peau sur les trayons initialement en mauvais état.

3.2.4.2 LESIONS

3.2.4.2.1 Les papillomes (ou verrues)

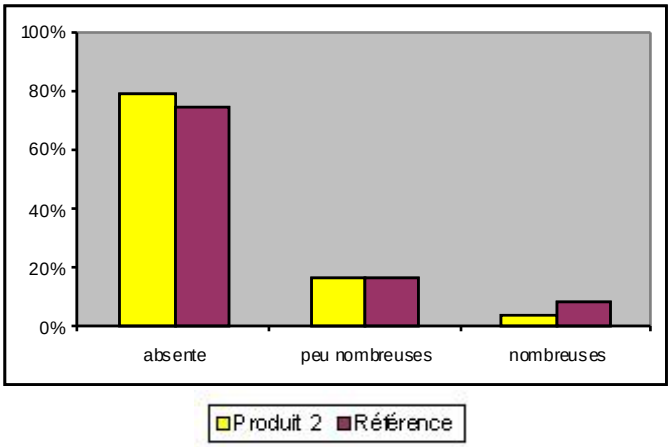
A J0



	absents	peu nombreux	nombreux	Total	Degré de signification
Produit 2	90	27	2	119	p=0,437
Produit de référence	73	23	0	96	

Figure 54 : Distribution (en %) et répartition du nombre de papillomes à J0

A J60



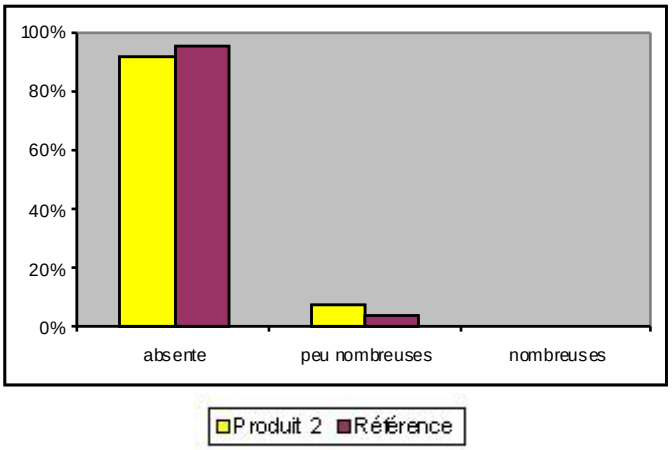
	absents	peu nombreux	nombreux	Total	Degré de signification
Produit 2	98	20	5	123	p=0,404
Produit de référence	72	16	8	96	

Figure 55 : Distribution (en %) et répartition du nombre de papillomes à J60

Il n'apparaît pas de différence significative entre les fréquences de lésions de papillome sur la peau des trayons dans les deux lots.

3.2.4.2.2 Les croûtes

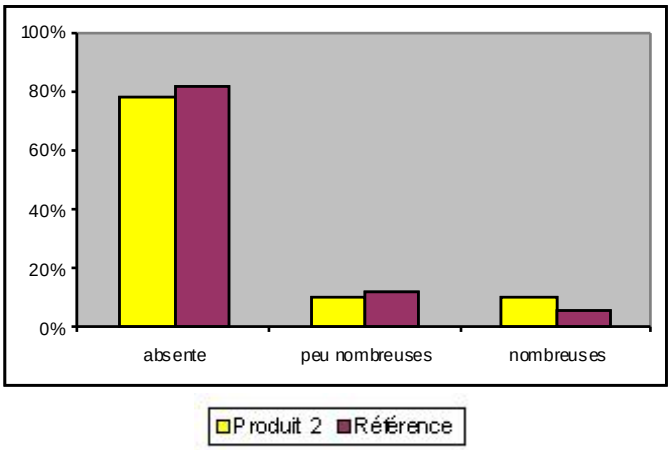
A J0



	absents	peu nombreux	nombreux	Total	Degré de signification
Produit 2	109	10	0	119	p=0,234
Produit de référence	92	4	0	96	

Figure 56 : Distribution (en %) et répartition du nombre de croûtes à J0

A J60



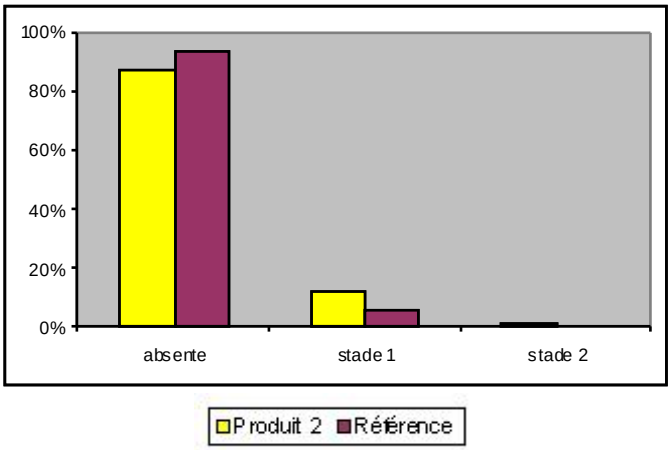
	absents	peu nombreux	nombreux	Total	Degré de signification
Produit 2	95	14	14	123	p=0,450
Produit de référence	78	12	6	96	

Figure 57 : Distribution (en %) et répartition du nombre de croûtes à J60

Il n'apparaît pas de différence significative entre les fréquences de lésions croûteuses sur la peau des trayons dans les deux lots.

3.2.4.2.3 Les éversions du bout du trayon

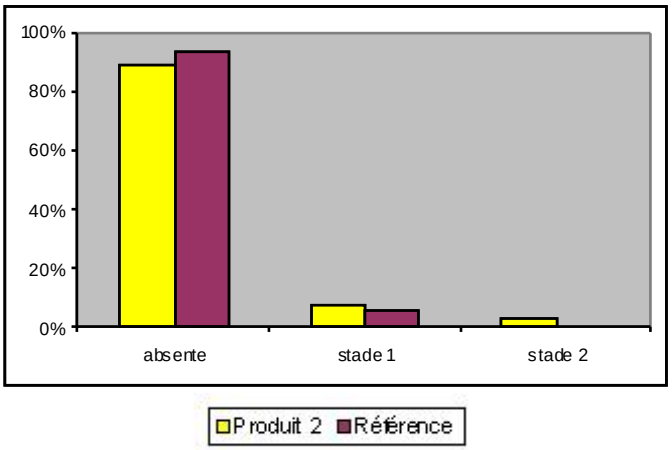
A J0



	absente	stade 1	stade 2	Total	Degré de signification
Produit 2	103	15	1	119	p=0,219
Produit de référence	90	6	0	96	

Figure 58 : Distribution (en %) et répartition du nombre d'éversions à J0

A J60



	absente	stade 1	stade 2	Total	Degré de signification
Produit 2	109	10	4	123	p=0,170
Produit de référence	90	6	0	96	

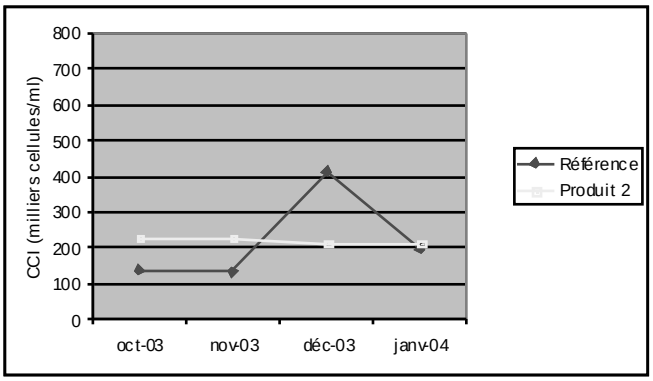
Figure 59 : Distribution (en %) et répartition du nombre d'éversions à J60

Il n'apparaît pas de différence significative entre les fréquences de lésions d'éversions sur le bout du trayon dans les deux lots ni dans l'évolution de l'état d'éversion du bout du trayon (figure non rapportée).

3.2.4.2.4 Mammites et comptage cellulaire

Elevage 2A

Il y a eu une mammite, diagnostiqué et traité, dans le lot du produit 2 et deux mammites dans le lot de référence au cours de la période d'essai.



CCI	15/10/2003	17/11/2003	13/12/2003	22/01/2004
Produit 2	226 [168-284]	229 [169-289]	214 [175-253]	214 [169-259]
Produit de Référence	137 [113-161]	133 [114-152]	412 [249-575]	198 [167-229]

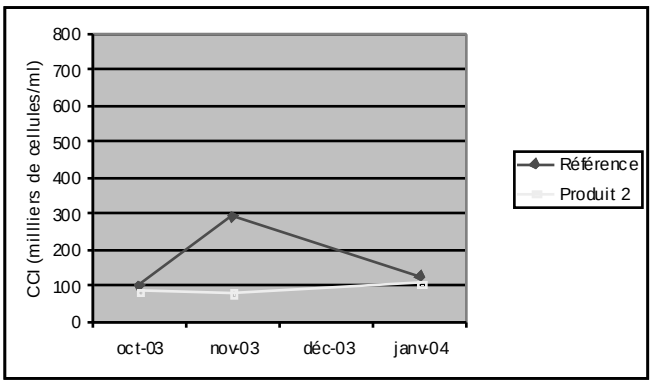
moyenne [intervalle de confiance à 5%]

Figure 60 : Evolution des moyennes de comptage cellulaire individuel dans le troupeau 2B

L'évolution des comptages cellulaires individuels est comparable dans les deux lots et les différences ne sont pas significatives.

Elevage 2B

Il y a eu deux mammites, diagnostiquées et traitées, dans le lot du produit 2 au cours de la période d'essai.



CCI	13/10/2003	24/11/2003	07/01/2004
Produit 2	87 [71-103]	82 [69-95]	109 [88-130]
Produit de Référence	99 [72-126]	294 [184-404]	126 [99-153]

moyenne [intervalle de confiance à 5%]

Figure 61 : Evolution des moyennes de comptage cellulaire individuel dans le troupeau 2A

Aucune différence significative entre les lots n'a été mise en évidence.

4 DISCUSSION

4.1 PLAN DE L'ESSAI

La durée de l'essai a été choisie *a priori* de deux mois sachant qu'une étude au Danemark [36] rapporte une amélioration significative de l'état de la peau après trois semaines d'application d'un produit de trempage contenant 10 % de glycérol et qu'une autre étude aux Etats-unis [6] contrôla les effets de l'utilisation de produits de trempage sur l'état de la peau du trayon pendant 6 semaines.

Il a été décidé de prendre comme produit de référence le produit habituellement utilisé par l'exploitant pour des raisons pratiques et d'acceptation du protocole. Cela a eu pour conséquence la comparaison de chaque produit avec deux produits de référence ce qui rend difficile la mise en commun des résultats notamment pour le produit 2 comparé à une solution à base d'iode (élevage 2A) et une solution à base d'acide laurique (élevage 2B). En ce qui concerne le produit 1, la comparaison a été réalisée dans les deux cas avec une solution à base d'iode.

Bien que le dispositif expérimental le plus performant, d'après [39], consiste à créer un lot témoin « intra-vache » en appliquant par exemple le produit à tester sur deux quartiers situés d'un même côté, droit ou gauche, tiré au sort dans l'élevage, et le produit de référence de l'autre côté, ce dispositif n'a pas été retenu car jugé trop contraignant pour l'éleveur avec un risque d'erreur non négligeable par inversion de côté en fonction du quai de traite.

Toutes les études antérieures considèrent les quatre trayons de la vache comme des sujets indépendants [28, 31, 36] ce qui n'est rigoureusement pas le cas mais qui largement accepté. Nous avons choisi l'entité trayon comme sujet et non la vache.

Le nombre d'animaux retenu a été de 30 soit 120 trayons par lot. Cependant, le nombre de « perdu de vue » en cours d'essai a été assez important (10 animaux avec le produit 1 et 2 animaux avec le produit 2). Le nombre final de trayons est cependant dans la limite inférieure que nous nous étions fixée : soit 105 sujets, pour pouvoir montrer une réduction de 15 % de la proportion de note d'état de peau supérieure ou égale à 4 avec un intervalle de confiance de 90%.

L'identification des animaux n'a pas semblé être un problème : il est apparu qu'en fonction des élevages les animaux perdaient plus ou moins rapidement leur bracelet ou leur marquage à la bombe de couleur mais il restait toujours un moyen d'identification. De toute façon, les éleveurs ont rapidement appris quels animaux étaient traités ou non. Le risque d'inversion de lot est donc jugé très faible. Seul le numéro d'ordre attribué au départ pour faciliter l'identification en vue des examens cliniques a été abandonné en cours d'essai. En fait, peu de numéros étaient visibles à la visite J15 et donc on a repris le nom des vaches ou leur numéro de travail à chaque visite. Cela ne posa aucun problème car les éleveurs connaissaient le nom des vaches depuis la fosse de traite.

4.2 CRITERES D'EVALUATION

4.2.1 NOTE D'ETAT DE LA PEAU

De nombreuses études se sont déjà proposées d'évaluer la qualité de la peau comme une valeur prédictive du risque d'augmentation de la colonisation bactérienne et du risque d'infection mammaire.

Une méthode visuelle pour estimer la sévérité et les proportions des gerçures du trayon fut proposée par Fox et coll. [15]. Une note de 1 à 4 était attribuée au trayon selon les critères qualitatifs (tableau 27). Une corrélation entre cette note et l'augmentation de la colonisation de la peau par *Staphylococcus aureus* fut démontrée. Cependant, les conditions expérimentales d'induction des gerçures par traitement chimique étaient telles que ce système de notation ne peut pas avoir d'application sur le terrain.

Tableau 27 : Critères d'évaluation de la qualité de la peau d'après [15]

4	Plus de 75 % du trayon est gercé, la peau est rugueuse. Plusieurs lésions ulcératives sont présentes et la vache est sensible à la palpation.
3	La moitié du trayon est gercée, des lésions ulcéreuses sont présentes mais en voie de cicatrisation (croûte, rétraction de la peau) et la vache est sensible à la palpation.
2	Moins de 50 % du trayon est gercé, quelques lésions sont présentes mais sont recouvertes par des croûtes. Le reste du trayon est sain et la vache n'est pas sensible à la palpation.
1	Le trayon est apparemment sain, sans lésions, gerçures ni croûtes.

La détermination de mesures objectives pour rendre compte de la qualité de la peau du trayon est apparue préférable. Une étude proposa d'évaluer la relation entre la colonisation de la peau par *Staphylococcus aureus* et le degré de gerçures des trayons par la mesure de l'élasticité de la peau à l'aide d'un cutimètre [14]. Une perte d'élasticité étant la résultante d'une perte hydrique du *stratum corneum*, on pourrait, par une mesure objective au cutimètre, rendre compte de l'état de gerçures du trayon. Cependant, l'essai sur des trayons gercés expérimentalement ne permit pas de mettre en évidence une corrélation significative avec la colonisation par *Staphylococcus aureus.* Une autre méthode objective, adaptée de la dermatologie humaine, fut testée [5] : la mesure de la perte d'eau par transpiration (en anglais TEWL : trans epidermal water loss). C'est une mesure physique très sensible pour évaluer la fonction de barrière d'eau de l'épiderme. Si l'épiderme est lésé, on s'attend à avoir un TEWL plus élevé. De plus, l'appareil de mesure se plie bien aux conditions de terrain et aux trayons de la vache. Cependant, la mesure du TEWL n'est pas apparue comme une bonne mesure des changements pathologiques de la peau pour rendre compte de l'augmentation de la colonisation de la peau par *Staphylococcus aureus*. Les hypothèses avancées étaient un problème de choix de l'endroit pour faire la mesure sur les trayons très abîmés qui serait représentatif de l'état d'ulcération générale de la peau. Une autre hypothèse avancée est que sur les trayons moins abîmés la capacité de l'épiderme à former rapidement une barrière à l'évaporation composée de cellules « parakératosiques » ne rend pas compte de l'état

d'altération de la peau. Enfin, des différences spécifiques de l'épiderme et de sa fonction de barrière hydrique doivent intervenir pour expliquer que cette méthode ne soit pas applicable sur les trayons alors qu'elle est largement employée en dermatologie humaine. Devant ces échecs, il semble que la validation de grilles de notation subjective des trayons soit la seule méthode de détermination de la qualité de la peau pour rendre compte du risque d'infection mammaire.

Une autre méthode visuelle fut mis en place à l'université de Vermont pour suivre et comparer l'évolution de la peau de trayon lors d'essai de produit de trempage sur le terrain [16]. On attribue deux notes de 1 à 5 pour l'état de la peau du trayon et pour l'état du bout du trayon. (tableau 28) Une étude [5] reprit cette grille de notation et démontra sur des trayons gercés expérimentalement que les notes cliniques les plus élevées étaient corrélées avec une colonisation par *Staphylococcus aureus* plus importante. Ce système de notation présente quand même des inconvénients car, s'il rend bien compte des états de peau très altérés, il ne permet pas de différencier les états de peau non gercés [36] qui sont plus souvent rencontrés sur le terrain (80 % des cas dans un échantillon de 310 vaches au Danemark selon [20]).

Tableau 28 : Critères d'évaluation de la qualité de la peau d'après [16].

1	La peau du trayon est lisse, sans squames, gerçures ni crevasses.
2	La peau est squameuse.
3	La peau est gercée. Des petites verrues peuvent être présentes.
4	La peau est gercée et crevassée. Une rougeur, indiquant une inflammation, est présente. De nombreuses verrues peuvent être présentes.
5	La peau est sévèrement abîmée et ulcérée avec des croûtes et des lésions ouvertes. De nombreuses ou de grosses verrues sont présentes et interfèrent avec la fonction du bout du trayon.

1	Le sphincter du bout du trayon est lisse sans signes d'irritation.
2	Le bout du trayon forme un anneau surélevé.
3	Le sphincter est craquelé mais il n'y a pas de rougeur.
4	Le sphincter est éversé avec beaucoup de craquelure lui donnant une apparence en choux-fleur. Le bout du trayon peut avoir des croûtes anciennes en voie de cicatrisation.
5	Le bout du trayon est sévèrement abîmé et ulcéré avec des croûtes et des lésions ouvertes. De nombreuses ou de grosses verrues sont présentes et interfèrent avec la fonction du bout du trayon.

Rasmussen propose de déterminer une note subjective de 1 à 6 de la peau en palpant le corps du trayon (tableau 29) [36]. La détermination de cette note doit se faire sur un trayon séché avec des mains sèches. La reproductibilité d'une telle notation a été étudiée [36] en faisant noter les mêmes trayons par cinq examinateurs différents et, bien qu'il soit apparu quelques variations dans les barèmes, la variance était la même pour tous les examinateurs. Il est apparu que les personnes ayant une peau des doigts plus sèche notaient moins sévèrement que les personnes ayant une peau plus douce. Une différence de 0,5 points entre les différents examinateurs est apparue acceptable. Ce système de notation est donc utilisable sur le terrain mais il n'est pas recommandé de comparer des notes prises dans différentes conditions par différents examinateurs. Dans une étude portant sur 160 vaches, Rasmussen montra une corrélation entre la peau des trayons crevassée (note de 5 à 6) et la colonisation bactérienne de la peau et le nombre d'infections mammaires. Cependant, il conclut qu'en l'absence de gerçures et d'inflammation (note 1 à 4), la colonisation bactérienne n'était pas influencée par la qualité de la peau.

Nous avons retenu cette grille d'évaluation de l'état de la peau du trayon (annexe 5).

Tableau 29 : Critères d'évaluation de la qualité de la peau d'après [36]

1	La peau est très lisse avec un touché soyeux.
2	La peau est lisse.
3	La peau présente une légère résistance.
4	La peau est rugueuse.
5	On sent à la palpation une rupture de l'épiderme : gerçure.
6	La peau est enflammée, rouge et écorchée.

On peut considérer que l'utilisation de grille de référence avec des photos en couleur peut permettre d'augmenter la fiabilité des paramètres et qu'une des méthodes pour standardiser les notes est d'avoir recours à des descriptions assez détaillées du système de notation [20, 41]. La note d'état de la peau est donc un critère subjectif et relatif qui est sujet à interprétation en fonction des manipulateurs. Il a été convenu qu'il n'y aurait qu'un seul examinateur [20].

4.2.2 LESIONS DE LA PEAU

En ce qui concerne les lésions spécifiques de la peau du trayon, d'après [39], il faut distinguer les anomalies présentes sur le corps du trayon (crevasses, gerçures, lésions de pseudovariole et autres lésions de pathologie spécifique) et au niveau de l'orifice du trayon (cornification, craquelures, éversions, lésions de pathologies spécifiques) et quantifier l'importance des lésions observées selon une échelle arbitraire à plusieurs degrés.

Les lésions élémentaires de la peau du trayon (annexe 6 et 7) ont été notées à chaque visite. Cependant, pour l'analyse, nous avons choisi de ne retenir que 3 critères qui nous semblaient pertinents :

- les papillomes (ou verrues),
- les croûtes (solidifications à la surface de la peau de sécrétions diverses consécutivement à une rupture de la continuité de celle-ci, une auréole inflammatoire entoure la lésion),
- les éversions du canal du trayon.

Les autres lésions notées (macules, nodules, pustules (conduisant rapidement à une croûte), érosions) bien que d'importance non négligeable n'ont pas été retenues dans l'analyse car leur incidence est beaucoup plus faible et le modèle choisi ne permet pas de dégager de différences significatives. Pour les croûtes et les papillomes, nous avons regroupé les observations de quantité et d'extension des lésions en trois critères d'importance croissante : absence de lésions, lésions peu étendues ou peu nombreuses et lésions étendues ou très nombreuses. Et, pour les éversions, nous avons retenu : absence, stade peu avancé et stade avancé.

La détermination d'une note globale lésionnelle pondérant les différentes lésions et rendant compte du risque d'infection intra-mammaire nous a semblé délicate à réaliser. Si la présence de lésions du bout du trayon, notamment au stade avancé (stade 2), a été corrélée avec une augmentation des infections intra-mammaires [41], il paraît difficile de mettre en relation des lésions d'origine aussi diverse que les papillomes, les érosions, les macules ou les éversions du trayon.

4.3 PRODUIT 1

Les deux élevages retenus avaient des conduites et des caractéristiques d'élevage différentes : l'élevage 1B avait un rang de lactation moyen de 2 avec des animaux à forte production laitière (35 litres de moyenne) par rapport à l'élevage 1A (rang de lactation moyen de 3,3 et production moyenne de 22 litres).

Le produit 1 s'est avéré au moins aussi efficace pour améliorer la qualité de la peau du trayon que les produits de référence. En ce qui concerne la répartition des notes d'état de la peau du trayon selon une note de 1 à 6, le nombre de notes 1 et 2, correspondant à une peau en bon état, a augmenté avec le produit de référence (+ 7 %) alors qu'il a diminué avec le produit 1 (- 6 %). Cependant le nombre de notes supérieures ou égales à 4, correspondant à une peau abîmée, a diminué avec le produit 1 (- 8 %) alors qu'il est resté stable avec le produit de référence (+ 3 %).
Il apparaît que le pourcentage de trayons dont la peau s'est détériorée au cours de la période de l'essai est légèrement supérieur avec le produit 1 (40 %) que le produit de référence (34 %) alors que le nombre de trayons dont la peau s'est améliorée est identique dans les deux lots. En fait, pour les trayons initialement en bon état (note inférieure ou égale à 2), le produit de référence a permis de maintenir voire d'améliorer cet état pour 50 % des trayons contre 26% avec le produit 1.

Aucune différence significative n'a été mise en évidence sur la répartition des lésions de papillomes et de croûtes dans les deux lots. Cependant, en ce qui concerne la répartition des éversions du bout du trayon, le nombre d'éversions a diminué de 22 % avec le produit 1 alors qu'il n'a diminué que de 8 % avec le produit de référence. Il n'est pas apparu de différence entre le nombre de mammites et les résultats de comptage cellulaire individuel.

4.4 PRODUIT 2

Les deux élevages retenus avaient des rangs de lactation (2,75 à 3) et des niveaux de production (25-30 litres) comparables, cependant la peau des trayons de l'élevage 2B était initialement plus abîmée que celle de l'élevage 2A, avec un pourcentage de notes inférieures ou égales à 2 de 22 % contre 53 % dans l'élevage 2A.

Le produit 2 s'est avéré au moins, voire plus, efficace pour améliorer la qualité de la peau du trayon que les produits de référence. En ce qui concerne la répartition des notes d'état de la peau du trayon selon une note de 1 à 6, le nombre de notes 1 et 2, correspondant à une peau en bon état, a augmenté avec le produit 2 (+ 8 %) alors qu'il a diminué avec le produit de référence (- 6 %). Et le nombre de notes supérieures ou égales à 4, correspondant à une peau abîmée, a diminué avec le produit 2 (- 11 %) alors qu'il est resté stable avec le produit de référence (+ 3 %).
Il apparaît que le pourcentage de trayons dont la peau s'est améliorée au cours de la période de l'essai est supérieur avec le produit 2 (37 %) au produit de référence (23 %). Cependant, il existe une grande différence entre les deux élevages. En effet, dans l'élevage 2B l'amélioration des trayons est très forte avec le produit 2 (57 %) par rapport au produit de référence (27 %) alors que dans l'élevage 2A, il n'y a pas eu de différence entre les deux lots (amélioration de 20 %). On peut expliquer cette différence de plusieurs façons :

- par le fait que les trayons étaient initialement plus abîmés dans l'élevage 2B présentant des lésions virales (paravaccine),
- parce que le produit de trempage de référence (acide laurique) n'est pas reconnu comme un produit actif contre les infections virales,
- par la répartition non homogène des animaux, tous les animaux traités avec un même produit étant traits et traités par la même personne durant toute l'expérimentation.

En ce qui concerne les lésions de papillomes, de croûtes et d'éversions du bout du trayon, aucune différence significative n'a été mise en évidence. Il n'est pas apparu de différence entre le nombre de mammites et les résultats de comptage cellulaire individuel.

4.5 CONSOMMATION ET FACILITE D'EMPLOI

La consommation estimée des produits 1 et 2 est de 2,4 L/vache/an (en moyenne 10 litres de produit pour 20 vaches pendant 2,5 mois). Ce qui correspond à la valeur usuelle de tous les produit de trempage [17].

Une remarque a été formulé par l'éleveur 2B : le produit ne se répartissait pas de façon homogène sur le corps du trayon. Nous avons pu personnellement faire la même constatation avec le produit 1. Cette mauvaise répartition du produit sur le trayon peut être due à son application trop rapide ou à une viscosité importante fonction de la température extérieure. A ce propos, signalons que dans l'élevage 1A par les soirs de grand froid, le produit 1 est toujours resté prêt à l'emploi alors que le produit de référence figeait et devait être réchauffé avant usage. Enfin, à la suite de l'application, nous avons constaté fréquemment que le produit 1 comme 2 gouttait sur le sol après son application.

produits de référence

produit 1

produit 2

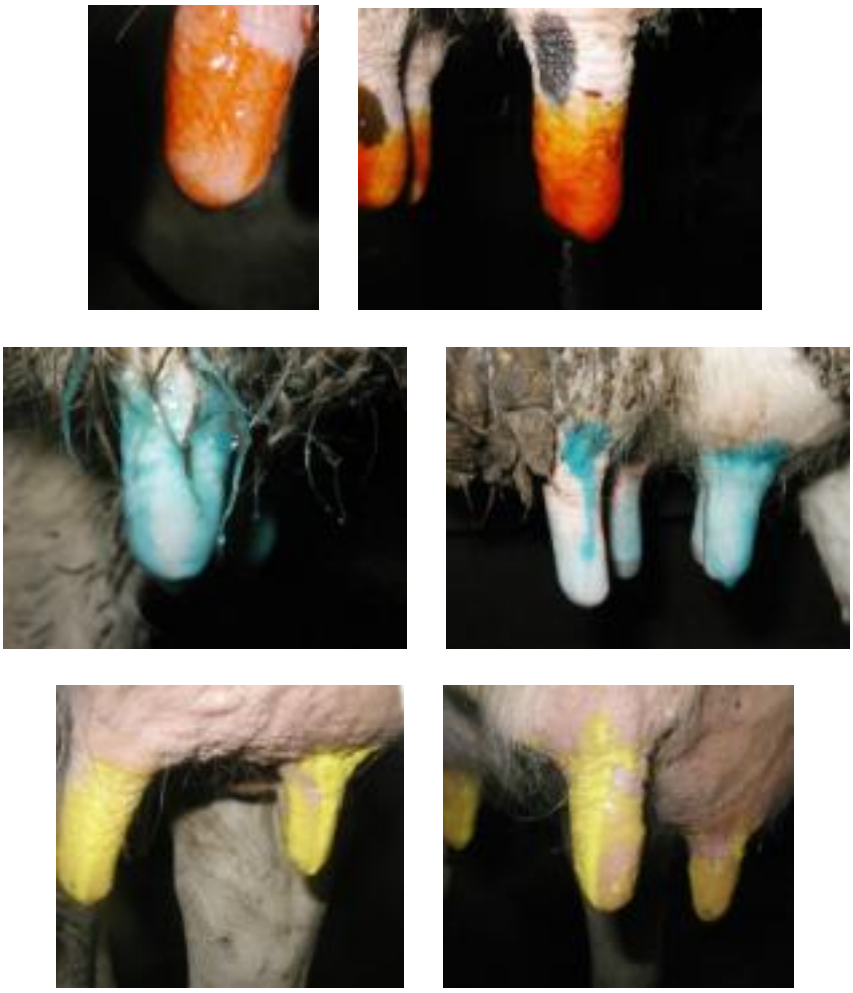


Figure 62 : répartition du produit sur le trayon

CONCLUSION

L'étude de l'efficacité dermatologique d'un produit de trempage est délicate à réaliser notamment dans le choix des critères d'évaluation. Une note subjective de l'état de la peau, selon une échelle de 1 à 6, semble la méthode la plus appropriée pour rendre compte du risque d'infection mammaire et il faut, de plus, noter l'apparition de l'ensemble des lésions spécifiques de la peau du trayon en en indiquant l'étendue ou la gravité.

Deux études séparées ont permis d'étudier deux nouveaux produits de trempage sur 55 vaches pendant 2 mois en période hivernale (novembre à janvier) dans deux élevages chacun. Dans chaque élevage, le nouveau produit a été comparé au produit habituellement utilisé par l'éleveur.
L'efficacité dermatologique du produit 1 s'est avérée au moins égale à celle du produit de référence bien que pour les trayons initialement en bon état, le produit 1 semble moins efficace pour maintenir voire améliorer la qualité de la peau. Cependant, il a permis de diminuer de 14 % le nombre d'éversions du bout du trayon par rapport au produit de référence.
L'efficacité dermatologique du produit 2 s'est avérée au moins égale à celle du produit de référence. Une bonne amélioration de la qualité de la peau est apparue avec le produit 2 dans un des deux élevages mais n'a pas été confirmée dans l'autre. Aucune différence sur la présence de lésions spécifiques de la peau n'a été démontrée.

L'étude n'a pas permis de conclure à une franche différence d'efficacité. Les produits testés apparaissent au moins aussi performants que les produits de référence. Une nouvelle expérimentation avec une sélection plus sévère des sujets ou un plus grand nombre d'animaux permettrait sans doute de dégager des conclusions plus nettes.

Le Professeur responsable
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

F. Badinand

Vu : Le Directeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Professeur G. BOURDOISEAU

Le Président de la thèse

F. CANDAOIS

Professeur J.F. CHARY
Directeur par intérim

Vu et permis d'imprimer

Lyon, le - 8 JUIN 2004

Pour le Président de l'Université,
Le Président du Comité de Coordination des Etudes Médicales,

UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD LYON I

Pr D. VITAL DURAND

ANNEXES

ANNEXE 1

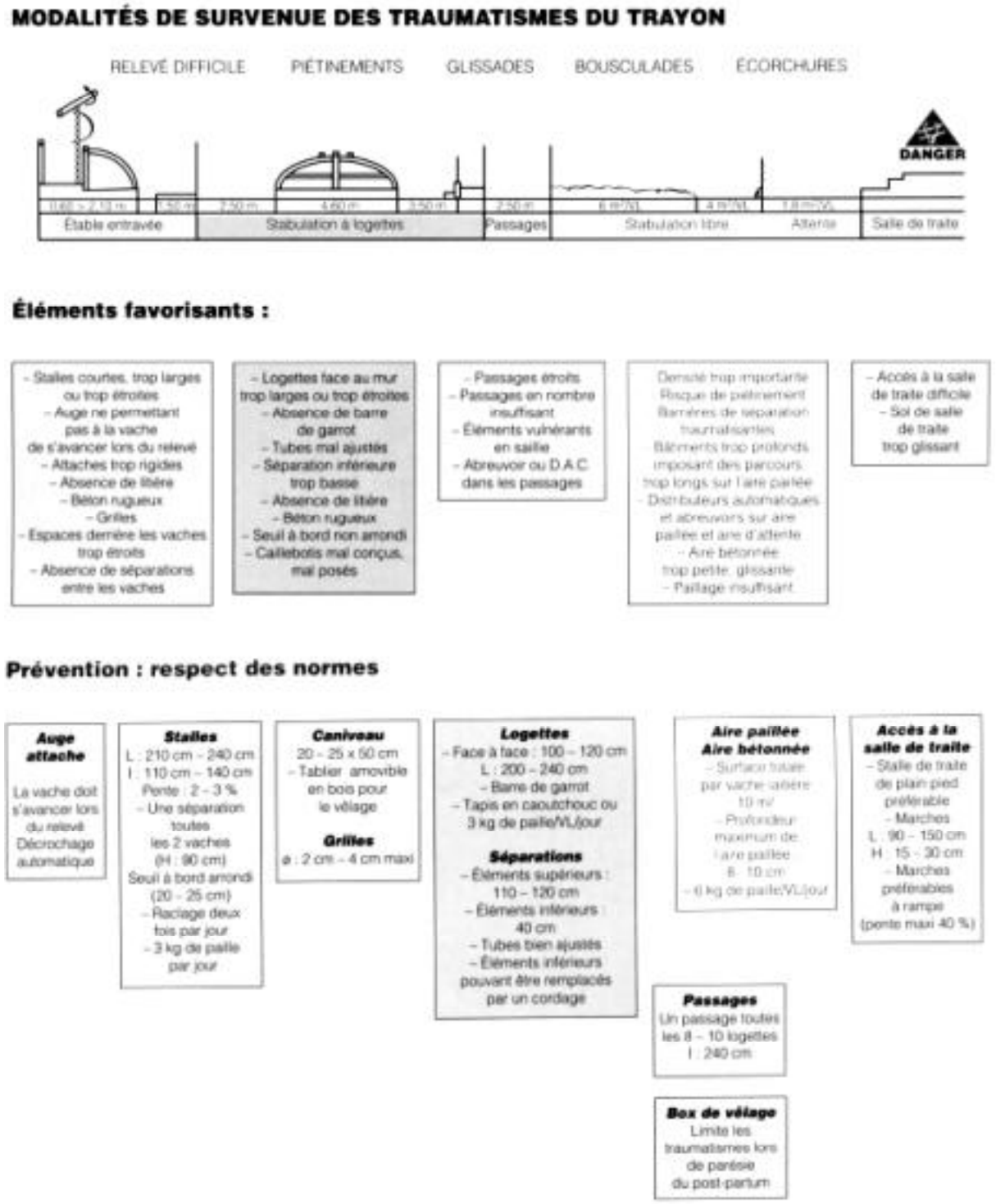


Figure 63 : Bâtiment et mammites : traumatismes du trayons d'après [4]

ANNEXE 2

FONCTIONNEMENT DE LA MACHINE A TRAIRE

- Principe

Il s'agit d'extraire le lait des mamelles et de l'acheminer vers le tank en respectant la santé de l'animal (figure 63). L'extraction se fait par application d'une dépression sous le trayon (vide de traite créé par la pompe à vide). Il faut ménager une phase de massage des trayons pour lui permettre de se décongestionner (pulsateur). Le vide doit être maintenu aussi stable que possible (régulateur). L'acheminement du lait est assuré par gravité au travers du lactoduc partiellement sous vide.

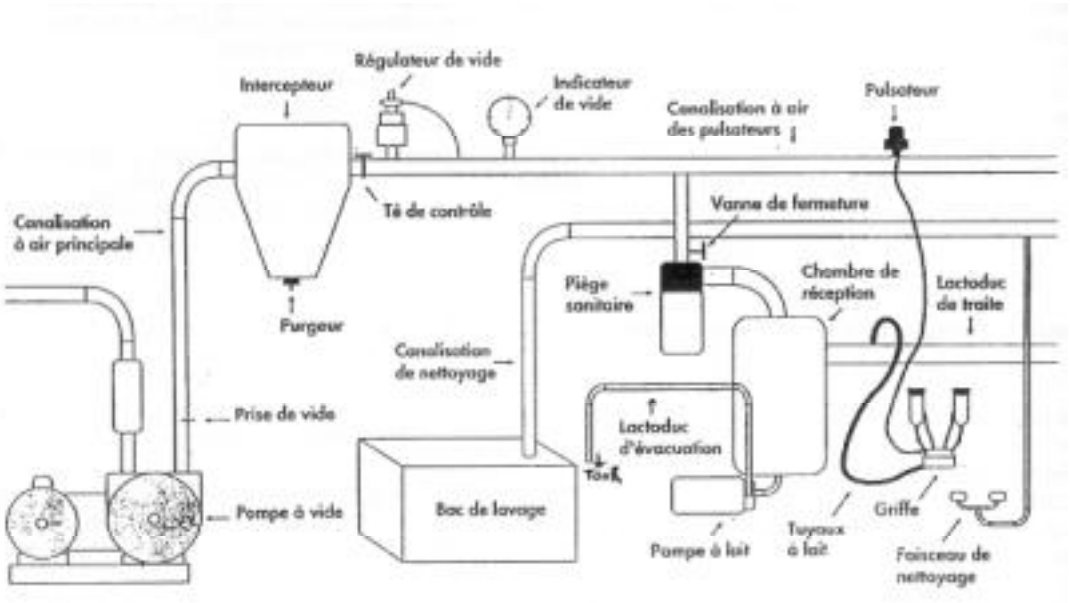


Figure 64 : Schéma général de la machine à traire

- Le vide de traite

Il est créé par la pompe à vide. On définit le niveau de vide qui mesure la dépression qui règne dans la canalisation par rapport à la pression atmosphérique normale (100 kPa). Il est habituellement réglé entre 42 et 50 kPa. La pompe à vide est caractérisée par sa vitesse de rotation et par son débit à 50 kPa (en L/min). Celui-ci est prévu pour répondre aux besoins liés au travail des postes à traire, aux fuites et pour compenser les entrées d'air liées au manipulateur, d'où la notion de réserve réelle de vide. Pour une installation de 2 x 4 postes, avec lactoduc de 60 mm de diamètre, on conseille d'avoir un débit à 50 kPa de 1120 L/min et une réserve réelle de vide d'au moins 440 L. [11]

- L'extraction du lait et l'acheminement

Le lait passe dans les quatre manchons trayeurs et est acheminé par quatre tuyaux courts à lait vers la griffe. Le lait de la griffe est collecté par un tuyau long à lait vers le lactoduc de traite. Les manchons sont maintenus en place sur les trayons par le vide appliqué dans la griffe et les manchons. Un clapet permet de mettre la griffe en communication avec le vide et de le couper en fin de traite pour déposer les faisceaux. Le lactoduc est soumis à une dépression qui doit rester le plus possible constante pour créer le minimum de turbulence.

- Le pulsateur

C'est le système qui permet de réaliser un massage des trayons tout au long de la traite ce qui permet leur décongestion et le retour sanguin et lymphatique. Le manchon trayeur est soumis à une alternance cyclique vide / pression atmosphérique grâce à un gobelet trayeur à chambre double.

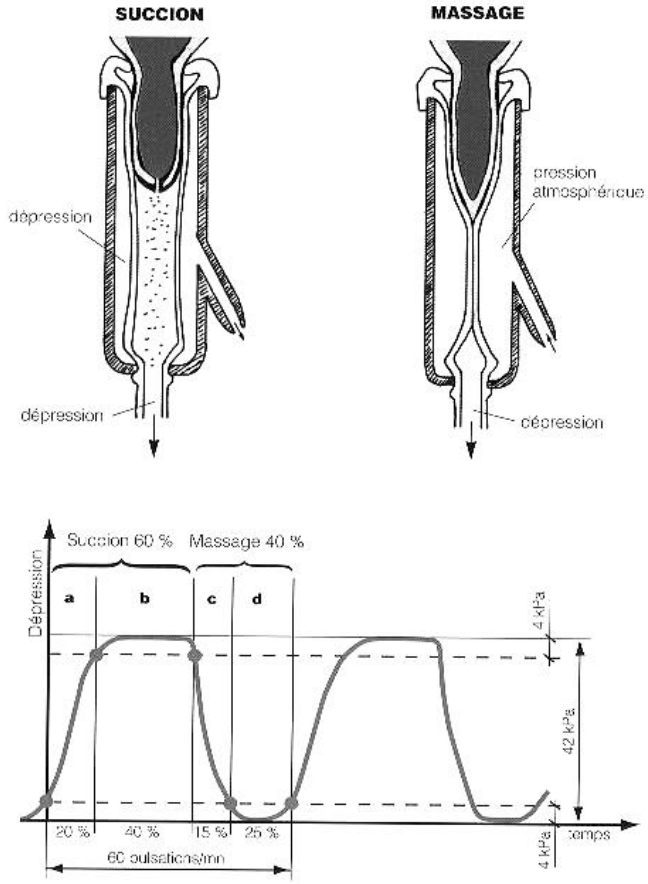


Figure 65 : Courbe de pulsation et position du manchon trayeur d'après [4]

Les mouvements de la paroi du manchon assurent une phase de massage (d) et une phase de succion (b) avec deux phases de transition (a et c). (figure 64) On définit ainsi des courbes de pulsation. Il faut remarquer que tout au long de ce cycle de pulsation, l'extrémité du canal du trayon est soumise en permanence au vide qui règne dans l'installation de traite. L'effet de pulsation n'est réalisé que par la pression physique des parois du manchon sous l'influence de l'air atmosphérique. Cette phase est sous la dépendance du réglage initial du niveau de vide et de la souplesse des manchons trayeurs. Celle-ci est indiquée par la pression de flambage des

manchon (pression qu'il faut appliquer sur le corps du manchons pour que les deux parois se touchent). Les pulsations sont le plus souvent alternées avant/arrière et le mode de pulsation est soit autonome pour chaque poste soit central. Il faut bien veiller à ce que le pulsateur ne s'encrasse pas et qu'il y ait un nombre suffisant de pulsateurs pour le nombre de postes. On définit la fréquence de pulsation (55-60 /min) et le rapport de pulsation : c'est-à-dire le temps consacré à la succion par rapport au temps consacré au massage (rapport 60/40 parfois 70/30).

$$\text{rapport du pulsateur} = \frac{a + b}{a + b + c + d} * 100$$

Pour s'assurer que la pulsation permet réellement de protéger le trayon contre les traumatismes liés à l'application du vide, on a défini quelques normes : la phase (b) doit être supérieure à 30 % du cycle et la phase (d) doit être supérieure à 15 % du cycle. On recommande de plus d'avoir une phase (a) d'environ 20 % et une phase (c) d'environ 15 % du cycle. Si la phase (c) est inférieur à 10 %, c'est que la dépression chute brutalement ce qui a des répercussions sur la stabilité du vide sous le trayon, il faut alors rajouter un "frein" sur le tube long à pulsation. [17]

- Evacuation du lait

Le lait circule grâce à la dépression créée par la pompe à vide jusqu'au lactoduc. Dans celui-ci circule à la fois du lait et de l'air (50-58 kPa). Le déplacement de l'air raréfié dans la canalisation assure le déplacement du lait. Une entrée d'air importante augmente le débit dans le lactoduc et forme une vague qui forme un bouchon de lait, le vide de traite parvient moins facilement en amont donc il y a tuburlence. La réserve de vide est sensée limiter ces incidents. L'évacuation du lait est fonction :
- du niveau de vide : s'il est trop bas, elle est ralentie (fonction de la capacité de la pompe, du régulateur et des fuites),
- des faisceaux trayeurs : fonction du diamètre des tuyaux courts (>11mm), du volume de la griffe qui doit permettre de maintenir le niveau de vide (à adapter en fonction de débit des vaches), du diamètre de sortie de la griffe (>14 mm) et de l'entrée d'air dans la griffe (> 4 L/min)
- du lactoducs : fonction du diamètre à adapter à la production, de la pente (=1,5%) et de circuit bouclé ou non qui permet de diviser par deux les répercutions des entrées d'air.

- La stabilité du vide

Le vide est fonction de nombreux paramètres. L'installation de traite est munie d'un système de régulation pour que celui-ci ne dépasse par certaines limites. Ce régulateur admet un débit d'air réglé initialement sur le débit de la pompe à vide au niveau de vide choisi pour le fonctionnement de l'installation. Le régulateur est ouvert au niveau de vide choisi et si la dépression diminue (entrée d'air accidentelle, chute de faisceau, glissement du manchon) il se ferme jusqu'à retrouver le niveau initial. La capacité du régulateur est choisie en fonction du débit de la pompe.

Les fluctuations cycliques de vide sous les trayons sont liées au débit du lait de l'animal et sont synchrones avec les pulsations. (figure 65) Elles sont fonction du type de pulsation, du volume de la griffe, du type de manchon, du diamètre des tuyaux courts et de l'entrée d'air dans la griffe. Il faut bien choisir les caractéristiques de son installation en fonction de son troupeau.

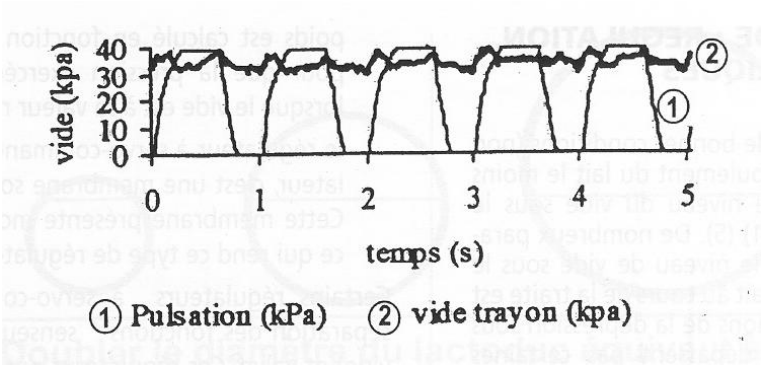


Figure 66 : Fluctuation cyclique du vide sous le trayon d'après [4]

Les fluctuations acycliques sont dues à la pose et à la dépose des faisceaux trayeurs, au glissement des manchons et à la chute des faisceaux. Lors des fluctuations, il y a une diminution du niveau de vide, une insuffisance de massage et un moins bon écoulement de lait. Elles sont fonction de la technique de traite, des manchons trayeurs et de la réserve réelle de vide.

La stabilité du vide est donc fonction de nombreux paramètres liés à la conception de la machine, au manipulateur et aux animaux.

ANNEXE 3

IDENTIFICATION DES ANIMAUX

Nom :
Lieu :

Lot	N°	Numéro de travail	Remarque

ANNEXE 4

FEUILLE D'EXAMEN

Date : Lieu : page /

Vache n°	Antérieur gauche	Etat de la peau : Lésions de « traite » :	Antérieur droit	Etat de la peau : Lésions de « traite » :
	Postérieur gauche	Etat de la peau : Lésions de « traite » :	Postérieur droit	Etat de la peau : Lésions de « traite » :
Vache n°	Antérieur gauche	Etat de la peau : Lésions de « traite » :	Antérieur droit	Etat de la peau : Lésions de « traite » :
	Postérieur gauche	Etat de la peau : Lésions de « traite » :	Postérieur droit	Etat de la peau : Lésions de « traite » :
Vache n°	Antérieur gauche	Etat de la peau : Lésions de « traite » :	Antérieur droit	Etat de la peau : Lésions de « traite » :
	Postérieur gauche	Etat de la peau : Lésions de « traite » :	Postérieur droit	Etat de la peau : Lésions de « traite » :
Vache n°	Antérieur gauche	Etat de la peau : Lésions de « traite » :	Antérieur droit	Etat de la peau : Lésions de « traite » :
	Postérieur gauche	Etat de la peau : Lésions de « traite » :	Postérieur droit	Etat de la peau : Lésions de « traite » :

M : Macule Pa : Papule T : Tubercule E : Exsudat V : Vésicule Pu : Pustule N : nodule E : Erosion G : Gerçure F : Fissure
Pap : Papillome U : Ulcère C : Croûte Ev : Eversion O : Œdème A : Anneau de comp

ANNEXE 5

GRILLE D'EVALUATION DE LA QUALITE DE LA PEAU

Score à la palpation

1 : très lisse avec un touché soyeux	
2 : peau douce	
3 : légèrement rêche : on sent une légère résistance lorsque l'on passe ses doigts sur le trayon.	
4 : rêche	
5 : craquelée. il y a une rupture de l'intégrité de l'épiderme.	
6 : rainurée, il y a des écorchures avec une réaction inflammatoire.	

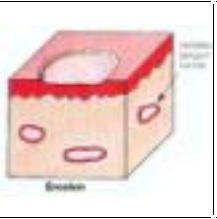
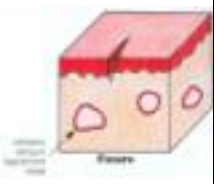
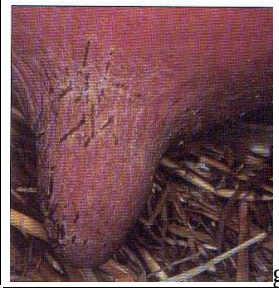
ANNEXE 6

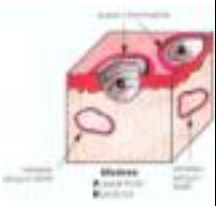
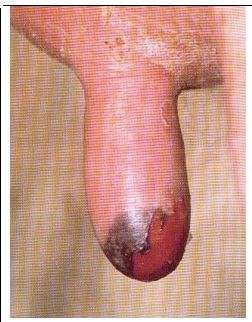
GRILLE D'EVALUATION DES LESIONS DU BOUT DU TRAYON

Code	Lésion	Grade / Score	Interprétation
E	Eversions du bout du trayon	Gravité a : éversion b : choux-fleur c : ulcère	normal a b
O	Œdèmes		
A	Anneau de compression		

ANNEXE 7

GRILLE D'EVALUATION DES LESIONS DU CORPS DU TRAYON

Code	Lésion	Grade / Score	Interprétation
M	Macules	Nombre 1 : de 1 à 4 2 : de 4 à 6 3 : plus de 6	vitiligo, hyperpigmentation, angiomes, érythèmes, pétéchies, écchymoses
N	Nodules	Nombre 1 : de 1 à 4 2 : de 4 à 6 3 : plus de 6 Taille a : 0,2 cm b : 0,2 à 0,5 cm c : plus de 0,5 cm	 thélite nodulaire tuberculoïde
Er	Erosions 	Nombre 1 : de 1 à 4 2 : de 4 à 6 3 : plus de 6	
G	Gerçures	Nombre 1 : de 1 à 4 2 : de 4 à 6 3 : plus de 6	
F	Fissures / crevasses 	Nombre 1 : de 1 à 4 2 : de 4 à 6 3 : plus de 6	 crevasses dues au froid  griffures dues à des végétaux

U	Ulcères		Taille a : 0,2 cm b : 0,2 à 0,5 cm c : plus de 0,5 cm	 thélite ulcérative herpétique thélite nodulaire
Pap	Papillomes		Nombre 1 : de 1 à 4 2 : de 4 à 6 3 : plus de 6 Taille a : 0,2 cm b : 0,2 à 0,5 cm c : plus de 0,5 cm	papillomatose due à BPV1 papillomatose due à BPV 6

C	Croûtes		Nombre 1 : de 1 à 4 2 : de 4 à 6 3 : plus de 6 Taille a : 0,2 cm b : 0,2 à 0,5 cm c : plus de 0,5 cm	 pseudo variole staphylococcie
Cic	Cicatrices		Nombre 1 : de 1 à 4 2 : de 4 à 6 3 : plus de 6 Taille a : 0,2 cm b : 0,2 à 0,5 cm c : plus de 0,5 cm	thélite ulcérative herpétique blessure

BIBLIOGRAPHIE

1 BARONE R. (1990)
Anatomie comparée des mammifères domestiques - Tome 4 : Splanchnologie II
Ed. Vigot, Paris, 951 pp.

2 BENET JJ. (1991)
Les infections à mycobactéries atypiques chez l'animal.
Méd. Mal. infect., 21 (Spécial), 26-34.

3 BODDIE RL, OWENS WE., RAY CH., NICKERSON SC., BODDIE NT. (2002)
Germicidal activities of representatives of five different teat dip classes against three bovine mycoplasma species using a modified excised teat model.
J. dairy Sci., 85 (8), 1909-1912.

4 BROUILLET P., COUSSI G., LACOMBE JF., SIMONIN F. (1995)
Le trayon, carrefour des microbes.
Dépêche vét., Supp. Technique 42, 38.

5 BURMEISTER JE., FOX LK., HILLERS JK., HANCOCK DD. (1998)
A comparison of two methods of evaluation of teat skin pathology.
J. dairy Sci., 81 (7), 1904-1909.

6 BURMEISTER JE., FOX LK., HILLERS JK., HANCOCK DD. (1998)
Effects of premilking and postmilking teat disinfectants on teat skin condition.
J. dairy Sci., 81 (7), 1910-1916.

7 CHAFFAUX S., STEFFAN J. (1985)
Prophylaxie des infections mammaires : place de l'hygiène de la traite et du traitement.
Rec. Méd. vét., 161 (6-7), 603-615.

8 COUSSI G. (1990)
L'hygiène après la traite : trempage ou pulvérisation - méthodologie d'approche.
Bull. Group. tech. vét., 90-4-B-358, 37-42.

9 EUZEBY JP. (2004, 02 juin)
Communication personnelle sur *Mycobacterium aquae*
Adresse par courrier électronique: j.euzeby@envt.fr

10 FAROULT B., SERIEYS F. (2001)
Référentiel de bonnes pratiques vétérinaires pour la définition d'un plan de traitement des mammites dans le troupeau
In: *Journées nationales GTV,* Tours, 29,30,31 mai, 111-136.

11 FEDERICI-MATHIEU C., GODIN M. (2002)
La machine à traire : fonctionnement, incidence sur la santé des mammelles
In: *Journées nationales GTV,* Tours, 29-30-31 mai, 369-394.

12 FERIAUD O. (1997)
La thélite nodulaire tuberculoïde des bovins : bilan bibliographique et enquête épidémiologique en Savoie
Thèse de doctorat vétérinaire, Université Claude Bernard - Lyon 1, 267 pp.

13 FLEURETTE J., FRENEY J., REVERDY ME. (1995)
Antisepsie et désinfection
Ed. ESKA, Paris, 639 pp.

14 FOX LK., CUMMING MS. (1996)
Relationship between thickness, chapping and Staphylococcus aureus colonization of bovine teat tissue.
J. dairy Res., 63 (3), 369-375.

15 FOX LK., NAGY JA., HILLERS JK., CRONRATH JD., RATKOWSKY DA. (1991)
Effects of post-milking teat treatment on the colonization of Staphylococcus aureus on chapped teat skin.
Am. J. vet. Res., 52 (6), 799:802.

16 GOLDBERG JJ., MURDOUGH PA., HOWARD AB., DRECHSLER PA., PANKEY JW., LEDBETTER GA., DAY LL., DAY JD. (1994)
Winter evaluation of a post-milking powdered teat dip.
J. dairy Sci., 77 (3), 748-752.

17 GOURREAU JM., ARFI L., BROUILLET P., COUSSI G., FIENI F., LACOMBE JF., PAULIZZI L., SIMONIN F., RADIGUE PE. (1995)
Accidents et maladies du trayon
Ed. France Agricole, Paris, 287 pp.

18 GOURREAU JM., ESPIAU L., PAPIN JL., COLIN C. (2004)
Les conséquences d'une mauvaise utilisation d'un produit de trempage chez la chèvre.
Dépêche vét., 794 (3-9 jan).

19 HANZEN C., CASTAIGNE JL. (Page consultée le 14 mars 2004)
Obstétrique et Pathologie de la reproduction des ruminants, équidés et porcs.
Faculté de Médecine Vétérinaire Université de Liège [en ligne] Adresse:
http://www.fmv.ulg.ac.be/oga/index.html

20 HOUE H., VAARST M., ENEVOLDSEN C. (2002)
Clinical parameters for assessment of udder health in Danish Dairy Herds.
Acta vet.scand., 43 (3), 173-184.

21 JOUBERT L., OUDAR J., FERNEY J., VAN HAVERBEKE G. (1963)
Thélite nodulaire tuberculoïde de la vache laitière à mycobactéries atypiques scrotochromogènes.
Rev. Med. vet., 114 (2), 87-105.

22 KINGWILL R.G., NEAVE F.K., DODD F.H. (1977)
Machine milking and mastitis
In: C.C. Thiel and F.H. Dodd (eds.). *Machine Milking*. Natl. Inst. Res. Dairying, Shinfield, Reading. 231.

23 LERONDELLE C. (1985)
Les mammites à Streptococcus uberis.
Rec. Méd. vét., 161 (6-7), 539-544.

24 MARIS P. (1990)
Evaluation de l'activité in vitro des antiseptiques vétérinaires.
Ann. Rech. vet, 21, 49-55.

25 MARIS P. (1995)
Modes of action of disinfectants.
Rev. sci. tech. Off. int. Epizoot., 14 (1), 47-56.

26 MENARD JL., CAPDEVILLE J., ROUSSEL P. (2002)
Bâtiment et mammites : maîtrise des conditions d'ambiance et entretien des litières
In: *Journées nationales GTV,* Tours, 29-30-31 mai, 175-182.

27 MILTENBURG JD., DELANGE D., CRAUWELS AP., BONGERS JH., TIRLEN MJ., SCHUKKEN YH., ELBERS AR. (1996)
Incidence of clinical mastitis in random sample of diary herds in the Southern Netherlands.
Vet. Rec., 139, 204-207.

28 NATIONAL MASTITIS COUNCIL (1983)
Update of postmilking teat antisepsis
In: *22nd Annual Meeting,* Louisville Kentuky USA, 21-23 fev, 52-103.

29 OLIVER J., DODD F.H., NEAVE F.K., BAILEY G.L. (1956)
Variation in the incidence of udder infection and mastitis with stage in lactation, age and season of the year.
J. dairy Sci., 23, 181-193.

30 OURA LY., FOX LK., WARF CC., KEMPT GK. (2002)
Efficacy of two acidified chlorite postmilking teat disinfectants with sodium dodecylbenzene sulfonic acid on prevention of contagious mastitis using an experimental challenge protocol.
J. dairy Sci., 85 (1), 252-257.

31 PANKEY JW, BODDIE RL., PHILPOT WN. (1984)
Evaluation of linear dodecylbenzene sulfonic acid as a teat dip in a commercial diary.
J. dairy Sci., 67 (6), 1354-1358.

32 PANKEY JW, EBERHART RJ., CUMING AL., DAGGETT RD., FARNSWORTH RJ., MCDUFF CK. (1984)
Uptake on post-milking teat antisepis.
J. dairy Sci., 67 (6), 1336-1353.

33 POUTREL B. (1985)
Généralités sur les mammites de la vache laitière.
Rec. Méd. vét., 161 (6-7), 497-511.

34 POUTREL B., SERIEYS F. (1991)
Protocoles d'évaluation de l'efficacité des produits appliqués sur les trayons après la traite pour la prévention des infections mammaires des vaches laitières
In: *Société française de buiatrie,* Paris, 18-19 décembre, 153-158.

35 POUTREL B., SERIEYS F., DUCELLIEZ M. (1990)
Efficacy of a germicidal post-milking barrier-type teat dip in preventing intramammary infections.
Vet. Rec., 126 (26), 638-640.

36 RASMUSSEN MD., LARSEN HD. (1998)
The effect of post-milking teat dip and suckling on teat skin teat condition, bacterial colonisation, and udder health.
Acta vet.scand., 39 (4), 443-452.

37 SARAN A. (1995)
Disinfection in diary parlour.
Rev. sci. tech. Off. int. Epizoot., 14, 207-224.

38 SCHWARTZ D., FLAMANT R., LELLOUCH J. (1981)
L'essai thérapeutique chez l'homme
Ed. Flammarion Médecine-sciences, Paris VI, 297 pp.

39 SERIEYS F. (1996)
Efficacité des spécialités de pré- et post-trempage des trayons : les essais de terrain.
Bull. Group. tech. vét., 96-3-B-520, 7-18.

40 SERIEYS F., SEEGERS H. (2002)
Intervention du vétérinaire face à un problème de mammites
In: *Journées nationales GTV,* Tours, 29-30-31 mai, 139-156.

41 SIEBER RL., FARNSWORTH RJ. (1981)
Prevalence of chronic teat-end lesions and their relationship to intramammary infection in 22 herds of dairy cattle.
J. am. vet. med. Assoc., 178 (12), 1263-1267.

NOM PRENOM : DUMAS EMMANUEL

TITRE : ACTIVITE DERMATOLOGIQUE DE DEUX NOUVEAUX PRODUITS DE TREMPAGE DU TRAYON CHEZ LA VACHE LAITIERE

Thèse Vétérinaire : Lyon, *28 juin 2004*

RESUME : Le trempage du trayon est une méthode simple et efficace pour lutter contre les infections mammaires, qui permet d'entretenir les qualités d'élasticité et d'hydratation de la peau après la traite mécanique. Nous proposons une méthode d'évaluation de l'activité dermatologique grâce à une note d'état de la peau et à la prise en compte des lésions spécifiques du trayon, appliquée à deux nouveaux produits de trempage.

MOTS CLES :

- Vache laitière
- Bovins
- Mammites
- Produit de trempage
- Trayons

JURY :

Président :	Monsieur le Professeur FLANDROIS
1er Assesseur :	Monsieur le Professeur BADINAND
2ème Assesseur :	Monsieur le Professeur KECK

DATE DE SOUTENANCE :

28 juin 2004

ADRESSE DE L'AUTEUR :

1 rue des petites sœurs
69003 LYON