

# Qualité bactériologique des balles rondes enrubannées. Maîtrise des contaminations

G. Corrot<sup>1</sup>, M. Champouillon<sup>2</sup>, E. Clamen<sup>3</sup>

L'enrubannage apporte une grande souplesse de travail, notamment dans des zones de semi-montagne où une production laitière de qualité est souvent recherchée (fromages AOC). Des risques de contamination butyrique ou par les *Listeria* existent. Il est important de connaître les conditions de l'«innocuité» de l'enrubannage, pour éviter qu'il soit menacé par la pression réglementaire et commerciale.

## RÉSUMÉ

Après avoir fait le point des connaissances théoriques et pratiques concernant les 2 bactéries plus particulièrement concernées (*Clostridium tyrobutyricum* et *Listeria monocytogenes*), une seconde partie présente les résultats d'un suivi en exploitations mené en Rhône-Alpes. Les facteurs de maîtrise de ces 2 agents sont analysés. Pour *C. tyrobutyricum*, la contamination est très faible lorsque le taux de Matière Sèche est supérieur à 50% ; l'emploi d'un conservateur, le conditionnement et les fanages ont aussi un effet favorable. Le développement de *L. monocytogenes* est favorisé dans les zones des balles altérées par l'oxygénation et de pH élevé, d'autant plus que le taux de MS est faible. Enfin, des conseils pratiques sont donnés pour éviter la contamination des balles.

## MOTS CLÉS

*Clostridium tyrobutyricum*, chantier de récolte, conservation de la récolte, enrubannage, *Listeria monocytogenes*, qualité du lait.

## KEY-WORDS

*Clostridium tyrobutyricum*, crop conservation, harvesting operations, *Listeria monocytogenes*, milk quality, wrapping.

## AUTEURS

- 1 : Institut de l'Élevage, 2 avenue de la Forêt de Haye, F-54500 Vandoeuvre-lès-Nancy.
- 2 : Chambre d'Agriculture du Rhône.
- 3 : Chambre d'Agriculture de l'Isère.

**I**l existe un engouement croissant pour les produits identifiés à un terroir (A.O.C.), pour les produits dits «naturels» (labels divers), voire pour l'agriculture biologique... Dans les exploitations, cela se traduit parfois par l'obligation d'une alimentation animale à base de foin.

Le mode de récolte par enrubannage poursuit son expansion, en particulier dans les zones de semi-montagne où il répond particulièrement bien aux structures et contraintes des exploitations. Il permet à la fois de sécuriser la fenaison et la gestion du pâturage, et d'améliorer la valeur alimentaire des rations de base hivernales grâce à des fauches plus précoces.

En zones laitières, le remplacement même partiel de l'alimentation sèche traditionnelle par ce fourrage fermenté n'est pas sans présenter des risques, en particulier là où le lait est transformé en fromage. En effet, deux bactéries particulièrement indésirables sont liées à ces ensilages, il s'agit de ***Clostridium tyrobutyricum*, non pathogène mais perturbant la technologie fromagère, et *Listeria monocytogenes*, dangereuse pour la santé animale** et (plus occasionnellement mais gravement) pour celle des consommateurs.

**La pérennité de cette technique de conservation dans les régions fromagères risque d'être dépendante de la capacité à maîtriser au mieux le développement de ces micro-organismes.** Au cours de la campagne 1996-1997, un travail spécifique a été entrepris dans des fermes de la région Rhône-Alpes afin d'affiner la connaissance des facteurs de contamination et d'améliorer la prévention.

Après une présentation succincte des deux bactéries, ce texte sera constitué de trois parties : état des lieux de la contamination des Balles Rondes Enrubannées (BRE) par *Clostridium*, puis par *Listeria*, et résultats d'observations menées en Rhône-Alpes.

## Deux bactéries qui ont de nombreux points communs

*Clostridium tyrobutyricum* et *Listeria monocytogenes* ont toutes deux une forte capacité de survie et leurs cycles de contamination sont très comparables : **développement dans les ensilages, passage par les fèces, contamination du lait extra-mammaire** pendant la traite. Toutefois elles se différencient sur plusieurs aspects :

- ***Clostridium tyrobutyricum*** a comme réservoir essentiel le sol. La forme sporulée n'est pas détruite par la pasteurisation (résiste 15 mn à 90°C ; BERGERE et al., 1968). *Clostridium tyrobutyricum* ne se développe pas dans le lait mais seulement dans certains types de fromage (à pâte pressée), essentiellement durant la phase d'affinage (température optimale de 37°C). Elle est **anaérobie stricte et non pathogène. La contamination du lait n'a que des conséquences économiques** (payement différentiel du lait, nécessité de traitements physiques des laits, dépréciation des fromages).

- *Listeria monocytogenes* est un germe dit ubiquiste donc présent un peu partout (poussières, eau, fourrages, etc.), de ce fait un niveau nul de contamination est illusoire. Il peut être détruit par pasteurisation (à 72°C pendant 15 secondes) si l'opération est bien menée mais des recontaminations restent possibles. Il peut se développer dans le lait et les produits laitiers, la viande, les plats cuisinés... dès 4°C (interruption de la chaîne du froid ; ROCOURT *et al.*, 1994).

La consommation de fourrages très contaminés par *Listeria monocytogenes* peut provoquer **la maladie de la listériose qui atteint plus fréquemment les petits ruminants** et provoque des encéphalites ou des avortements. Dans certains cas rares, des femelles laitières peuvent excréter *Listeria monocytogenes* (mammites à *Listeria*). Dans ce cas, les souches présentes dans le lait (sérotypage 4b ; SCHELCHER, 1992 ; MENARD et SANAA, 1992) sont particulièrement virulentes mais **l'apparition de la maladie chez l'homme est beaucoup plus rare**. Elle peut se déclencher chez des sujets immunodéprimés ou affaiblis : personnes âgées, nouveaux nés, personnes atteintes de maladies graves (cancer, sida...), femmes enceintes (SCHELCHER, 1992). Dans les cas graves, elle provoque des méningites, des septicémies ou des avortements.

## Spores butyriques et enrubannage

### 1. Conditions de développement et d'inhibition dans les ensilages classiques

Les spores butyriques rencontrent dans l'ensilage des conditions optimales à leur germination et à leur multiplication : anaérobiose, élévation de température suite à l'oxydation provoquée par l'oxygène résiduel, humidité relative, éléments nutritifs (glucides, minéraux, vitamines).

**Deux facteurs contribuent à bloquer la fermentation butyrique : l'acidification du milieu** correspondant à la fermentation lactique, **et la pression osmotique qui augmente avec le taux de matière sèche (MS) du fourrage**. Leurs actions sont additionnelles ; ainsi, le pH de stabilité de conservation (qui inhibe la multiplication des *Clostridium*) est d'autant plus bas que le taux de MS est faible : inférieur à 4,0 pour un taux de 20% de MS, de 4,2, 4,4 et 4,6 respectivement pour 25, 30 et 35% de MS.

*Clostridium Tyrobutyricum* peut donc encore se développer à un pH relativement bas. Il semble qu'il puisse s'activer rapidement dès la mise en silo ; l'atteinte du pH de stabilité doit donc être réalisée rapidement (en 4 jours maximum ; CORROT, 1989) et être durable. Les conditions de confection du silo sont donc prépondérantes (DEMARQUILLY, ouvrage précédent). **La plus faible acidification ou la remontée du pH dans les zones périphériques plus vulnérables des silos est généralement la cause d'une contamination nettement**

**supérieure.** Différents travaux montrent une bonne liaison entre l'importance de la contamination en spores butyriques et l'accroissement du pH (CORROT, 1986).

## 2. Conditions de développement et d'inhibition dans les fourrages enrubannés

### ■ Lien entre la contamination et la teneur en matière sèche

Dans les fourrages enrubannés, **l'absence de hachage de l'herbe rend les glucides solubles peu disponibles pour l'acidification lactique** ; le pH ne peut donc assurer seul la conservation. **Ce handicap doit être compensé** par une forte élévation de la pression osmotique obtenue **par un préfanage beaucoup plus poussé** que dans les ensilages classiques. **Il existe d'ailleurs une bonne liaison entre le taux de matière sèche et la contamination** en *Clostridium* (tableau 1).

Nous voyons dans ce tableau que les balles enrubannées présentent une conservation et un niveau de contamination acceptables dans la classe «50-60% de MS». Toutefois, un certain nombre de balles de matière sèche élevée présentent encore une forte contamination : ainsi, 35% des balles de la classe «50-60% de MS» contiennent encore plus de 1 000 spores/g, de même que 10% des balles de la classe «> 60% de MS». Ce phénomène est sans doute rendu possible par l'existence d'une micro-hétérogénéité du fourrage, en particulier pour son taux d'humidité. Certaines études étrangères proposent des hypothèses similaires (JONSSON *et al.*, 1990). Dans cette étude, un effet de site est aussi mis en évidence : à teneurs en matière sèche comparables, on peut constater des niveaux de conservation et de contamination différents.

### ■ Le pH n'est pas un indicateur très pertinent de la qualité des BRE, contrairement aux ensilages classiques

Lorsque la teneur en matière sèche augmente, le pH baisse jusqu'à 35-40% de MS puis remonte au dessus de cette valeur. Dans la

Classe de MS (%)	Nombre de spores* (/g)		Acide acétique	Acide butyrique
	1991	1992	1992 (g/kg MS)	1992 (g/kg MS)
< 30	69 200	69 180	13,5	28,8
30 - 40	11 750	24 550	10,1	15,2
40 - 50	2 510	2 270	7,6	5,6
50 - 60	85	470	6,2	2,8
> 60		90	5,3	1,8

\* 184 balles en 1991, 180 balles en 1992

TABLEAU 1 : Influence de la teneur en matière sèche (MS) sur le niveau de contamination en spores butyriques du fourrage enrubanné (CORROT et DELACROIX, 1992).

TABLE 1 : Influence of the dry matter content (MS) on the level of contamination of wrapped forage by butyric spores (CORROT and DELACROIX, 1992).

première phase, l'acidification lactique joue un certain rôle dans la conservation bien que le pH se situe bien au dessus des valeurs de stabilité ; dans la seconde phase (> 40% MS), la conservation est assurée intégralement par l'effet de la dessiccation.

Par ailleurs, une étude sur 184 balles (CORROT et DELACROIX, 1992) met en évidence une corrélation positive significative entre la contamination en spores butyriques et l'écart entre pH observé et pH théorique de stabilité pour les balles dont le taux est inférieur à 40% de MS. En revanche, pour les balles dont le taux est supérieur à 40% de MS, aucune liaison n'est observée. Le pH (ou l'écart de pH) n'est indicateur de qualité que pour les balles à faible taux de MS.

### ■ Les conservateurs peuvent contribuer à réduire la contamination

Il est possible d'incorporer un conservateur liquide pulvérisé sur l'andain au moment du pressage. Le tableau 2 présente les résultats escomptables. Dans cet essai, la lithioxine liquide a permis de réduire le niveau de contamination de 10 fois et de diminuer fortement la fermentation butyrique. Ces résultats sont représentatifs de ceux obtenus dans des essais menés en Europe du Nord notamment (acide formique ; JONSSON *et al.*, 1990). Ces expériences démontrent que **l'efficacité de ces produits est maximale pour un taux de matière sèche du fourrage situé vers 30%**. Au delà, l'efficacité se réduit pour s'annuler vers 40-45%. L'efficacité demeure toutefois incomplète du fait d'une incorporation imparfaite du produit dans le fourrage. L'acide peut aussi favoriser l'apparition de moisissures en périphérie (JONSSON *et al.*, 1990). Un tel traitement représente un surcoût moyen de 10 F par balle qui impose de le pratiquer avec discernement.

### ■ Certains critères testés n'ont pas d'effet sur la contamination en spores butyriques

#### - Zone de contamination de la balle

En moyenne sur 184 balles (CORROT et DELACROIX, 1992), les zones périphériques (0-15 cm) n'ont pas présenté plus de contamination que les zones centrales :

- Centre : 2 040 spores/g,
- Périphérie plane : 1 350 spores/g,
- Périphérie bombée : 1 260 spores/g.

TABLEAU 2 : Effet de l'incorporation d'un conservateur sur la contamination et sur la conservation de balles de prairie permanente enrubannées (CORROT, 1995).

TABLE 2 : Effect of the incorporation of an additive on the contamination and conservation of wrapped bales from permanent pastures (CORROT, 1995).

Moyennes	Témoins (n=12)	Lithioxine 4 l/t (n=12)	Effet lot
Matière sèche (%)	34,2	34,6	NS
Spores butyriques (log spore/g)	5,31	4,41	S
pH	5,25	4,89	S
Acide butyrique (g/kg MS)	22,9	6,0	S
N-NH <sub>3</sub> (% Ntotal)	18,8	(14,6)	S

Délai entre pressage et enrubannage	MS (%)	Spores (nb/g)	N-NH <sub>3</sub> (%Ntot)	Acide butyrique (g/kg MS)
0-5 heures	49,8	645	8,3	11,8
12-17 heures	55,1	195	7,3	11,0
24-26 heures	45,2	95	7,5	10,8

On n'observe donc pas avec l'enrubannage d'effet périphérique du même ordre que celui observé dans les ensilages en silos horizontaux.

#### - Effet du délai entre pressage et enrubannage

Malgré un regroupement de 3 essais (CORROT et DELACROIX, 1992), on n'observe pas d'écart significatif entre les différents délais (tableau 3). Le report de l'enrubannage ne semble donc pas avoir de conséquence sur le niveau de contamination des balles. Toutefois, un autre essai (Institut de l'Élevage et Chambre d'Agriculture 87, 1997) montre qu'un tel report provoque une augmentation des pertes fermentaires.

#### - Balles rondes et balles cubiques sont équivalentes

Les presses à chambre variable permettent d'obtenir en moyenne une densité de 15% supérieure aux presses à chambre fixe, mais on n'observe aucune conséquence sur la conservation ou sur la contamination des balles.

Les presses à couteaux fixes, dites hacheuses, ont fait l'objet de plusieurs essais comparatifs (CORROT, 1994). Dans l'ensemble, elles permettent une légère augmentation de densité par rapport au même type de presse sans système de hachage. Toutefois, aucun effet favorable sur la contamination ou sur la conservation n'a pu être démontré. Les résultats d'un essai sur des balles de prairies permanentes (CORROT, 1995) illustrent ce propos (tableau 4). Malgré un faible taux de matière sèche susceptible de favoriser une meilleure libération des glucides solubles grâce au hachage, celui-ci n'a pas permis d'agir sur la contamination butyrique ni sur les critères de conservation (la petite baisse du pH n'est pas significative).

### 3. *Clostridium* et enrubannage : en conclusion...

Les travaux entrepris jusqu'alors ont mis en évidence deux éléments susceptibles de contribuer nettement à **la maîtrise de la contamination butyrique : l'application d'un conservateur sur l'andain**

Fourrage	Nb de balles	MS (%)	pH	N-NH <sub>3</sub> (% Ntot)	Acide butyrique (g/kg MS)	Spores butyriques (nb/g)
Haché	12	33,1	5,25	18,8	22,9	224 900
Non haché	12	34,2	5,37	18,2	23,2	240 000

TABLEAU 3 : Influence du délai entre pressage et enrubannage sur la contamination et sur la conservation du fourrage enrubanné (56 balles ; CORROT et DELACROIX, 1992).

TABLE 3 : Influence of the time lag between baling and wrapping on the contamination and conservation of wrapped forage (56 bales ; CORROT et DELACROIX, 1992).

TABLEAU 4 : Effet de l'utilisation de presses hacheuses sur la contamination et sur la conservation du fourrage enrubanné (CORROT, 1995).

TABLE 4 : Effect of the use of chopping round baler on the contamination and conservation of wrapped forage (CORROT, 1995).

**et l'élévation du taux de matière sèche.** Le premier ne peut correspondre qu'à une utilisation ponctuelle et circonstancielle dans un contexte technique et économique précis ; par ailleurs, l'intensité du préfanage n'est pas toujours maîtrisable. La forte variabilité entre balles et surtout entre sites semble indiquer que d'autres facteurs que le taux de matière sèche ont un effet plus ou moins déterminant sur la qualité de conservation. Il importe de mettre en évidence ces facteurs afin de savoir mieux analyser les risques et de pouvoir délivrer aux utilisateurs un message de vulgarisation plus pertinent. C'est l'un des objectifs des observations effectuées en Rhône-Alpes (cf. en dernière partie).

## Listeria et enrubannage

### 1. Dans les ensilages et les silos classiques, *Listeria* contamine surtout les zones altérées

En 1986, FENLON observe sur un silo taupinière d'herbe, dont la consommation a provoqué de graves accidents sur des veaux, que les extrémités et le dessus du silo renferment plus de 12 000 *Listeria* par gramme alors que le pH y atteint des valeurs supérieures à 8. Cette contamination correspond aux zones mal protégées de l'air et très altérées. Au contraire, dans le centre du silo beaucoup plus acide aucune contamination n'est détectée, même après 2 jours d'exposition à l'air.

En 1992, une étude normande (MENARD et SANAA, 1992) a montré que l'on ne retrouvait pas toujours *L. monocytogenes* (tableau 5) dans les silos couloirs modernes (maïs, herbe) puisque *L. monocytogenes* a été retrouvée dans des silos de 10 des 22 exploitations suivies. En revanche, si la plus grande sensibilité des zones périphériques au développement en *Listeria* est confirmée (jusqu'à  $10^7$  *Listeria/g*), il apparaît que cette bactérie peut parfois être aussi détectée dans la partie centrale. Cette étude montre également que ***L. innocua*, non pathogène**, accompagne très souvent *L. monocytogenes* dans les ensilages. Elle **peut être considérée comme indicatrice de risques. D'autre part, le pH des ensilages avec *Listeria* est significativement plus élevé** que celui des ensilages où il n'a pas été détecté de *Listeria*.

TABLEAU 5 : Contamination des ensilages par deux espèces de *Listeria* dans un échantillon d'exploitations (MENARD et SANAA, 1992).

TABLE 5 : Contamination of silage by two species of *Listeria* in a sample of farms (MENARD et SANAA, 1992).

Zone du silo	Périphérie		Centre	
	<i>L. monocytogenes</i>	<i>L. innocua</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>L. innocua</i>
Absence (nb de silos)	10	8	14	11
Présence (nb silos)	6	4	2	5

	Fourrage sain		Fourrage altéré	
	n	moyenne	n	moyenne
% MS	9 balles	29,3	9 balles	25,9
pH	24 analyses	4,3	27 analyses	6,6
<i>L. monocytogenes</i> (Log spores/g)	24 analyses	7 analyses positives 2,30	27 analyses	19 analyses positives 3,23

## 2. Pour les balles rondes, une logique de contamination comparable

Plusieurs études anglo-saxonnes ont montré que **le développement de *L. monocytogenes* dans les BRE était très lié à la pénétration d'oxygène et aux hauts niveaux de pH observés parallèlement dans les zones altérées.**

Les résultats présentés au tableau 6 concernent des balles de ray-grass préfané 24 à 36 heures (à 33% MS) et stockées avec la protection d'un filet (FENLON *et al.*, 1989). Le fourrage altéré visuellement a été séparé du fourrage sain. Plusieurs prélèvements par balle ont été analysés. La présence de *L. monocytogenes* est détectée dans 70% des balles pour le fourrage altéré et dans seulement 26% des balles pour le fourrage jugé sain. Les auteurs concluent que **le tri du fourrage altéré permet de réduire fortement l'ingestion de *L. monocytogenes* par les animaux** sans supprimer totalement les risques de listériose. Le fourrage sain d'aspect mais positif contient encore 2,3 log spores/g (contre 3,23 pour le fourrage altéré).

L'essai présenté au tableau 7 pondère ces résultats en fonction du taux de matière sèche (FENLON *et al.*). **L'élévation de la teneur en matière sèche paraît réduire la fréquence de présence de *L. monocytogenes* dans les zones altérées comme dans les zones saines** et, globalement, le niveau moyen de contamination des balles en diminuant la fraction de fourrage altéré.

MS (%)	Nb de balles	pertes visibles (%)	Fourrage sain		Fourrage altéré	
			% de balles contaminées	<i>L. monocytogenes</i> (log/g)	% de balles contaminées	<i>L. monocytogenes</i> (log/g)
14,3	65	16,0	26,9	2,4	40,0	3,0
44,3	29	7,7	10,3	1,4	31,0	4,1

## 3. Le développement de *L. monocytogenes* est la résultante de plusieurs critères interdépendants

Dans une étude menée sur des silos de laboratoire (DONALD *et al.*, 1992), les anglo-saxons ont réalisé en parallèle deux séries d'essais

TABLEAU 6 : Comparaison du taux de matière sèche, du pH et de la contamination en *Listeria monocytogenes* dans les zones saines et altérées des balles enrubannées (FENLON *et al.*, 1989).

TABLE 6 : Comparison of the DM contents, pH levels, and contamination by *Listeria monocytogenes* in healthy and spoiled parts of wrapped bales (FENLON *et al.*, 1989).

TABLEAU 7 : Fréquence et niveau de contamination des balles enrubannées pour 2 niveaux de teneur en matière sèche (FENLON *et al.*).

TABLE 7 : Frequency and level of contamination of wrapped bales for two levels of DM content (FENLON *et al.*).



FIGURE 1 : Interaction du taux de MS et du pH sur l'évolution de la contamination en *Listeria monocytogenes* a) en milieu anaérobie (après introduction initiale de *Listeria*), b) en milieu aérobie (DONALD et al., 1992).

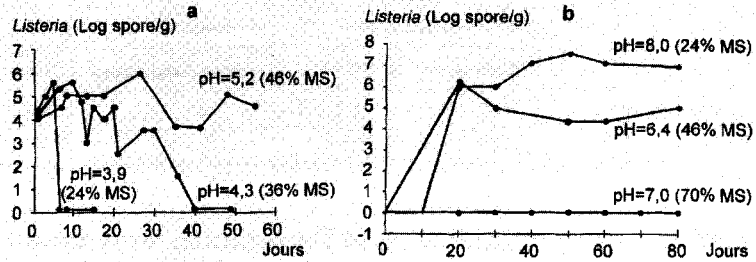


FIGURE 1 : Interaction of DM content and pH level on the evolution of the contamination by *Listeria monocytogenes* a) in anaerobic environment (after initial introduction of *Listeria*), b) in aerobic environment (DONALD et al., 1992).

portant chacun sur 6 niveaux de dessiccation de l'herbe (19 à 70% de MS). Dans la première série d'essais, le fourrage a été ensemencé avec plus de  $10^4$  *L. monocytogenes* par gramme afin d'observer l'effet des fermentations sur leur survie (figure 1a). Dans la seconde série, les silos ont été volontairement en contact avec de l'oxygène afin d'étudier l'effet combiné du taux de matière sèche et de l'altération aérobie du fourrage sur le développement des bactéries (figure 1b).

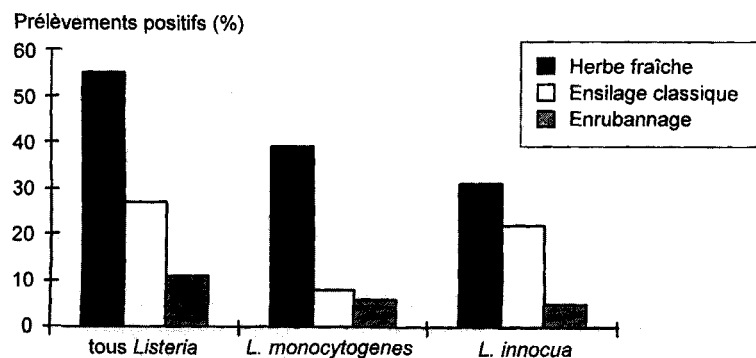
Le graphique 1a indique que l'acidification lactique naturelle du fourrage détruit *L. monocytogenes*. Avec l'élévation du taux de matière sèche, le ralentissement des fermentations prolonge sa survie. Les auteurs suggèrent qu'**au delà d'un pH de 5,1, *L. monocytogenes* peut survivre**. Certaines observations en ferme confirment ces résultats. D'une étude récente menée en Normandie sur 20 silos de maïs (HARTEISER, 1995), il ressort que 72% des échantillons de fourrage frais prélevés à la récolte ont été contrôlés positifs en *L. monocytogenes*. Par contre, après conservation, seulement 30% des échantillons prélevés en zone périphérique et 9% des échantillons prélevés en zone centrale des silos restent positifs.

La figure 1b confirme que l'altération du fourrage par oxygénation et élévation consécutive du pH provoque le développement de *L. monocytogenes*. Le phénomène paraît accentué par un faible niveau de matière sèche et au contraire stoppé par une dessiccation élevée.

En conclusion, les auteurs indiquent que **le développement de *L. monocytogenes* dans les fourrages ensilés est dépendant de l'interaction constatée entre le taux de matière sèche, la pression**

FIGURE 2 : En exploitations, taux de prélèvements comportant des espèces de *Listeria* selon la nature du fourrages (enquête sur 421 échantillons de fourrage ; MARLY, 1993, comm. pers.).

FIGURE 2 : Frequency on farms of samples containing species of *Listeria* according to the nature of the forage (study made on 421 forage samples ; MARLY, 1993, personal communication).



	Prairies permanentes		Prairies temporaires	
	<i>L. monocytogenes</i>	<i>L. innocua</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>L. innocua</i>
Balles enrubannées	6,5	5,0	0	0
Ensilages	12,5	12,5	5,1	22,8

osmotique (activité de l'eau), le pH et l'oxygénation, cette interaction étant également dépendante de la qualité initiale du fourrage (taux de glucides...).

#### 4. Quelques observations récentes en France

Au cours des campagnes 1990-1991 et 1991-1992, l'INRA a effectué un sondage dans plusieurs régions françaises, pour plusieurs types de fourrage et différents modes de conservation (MARLY J., 1993, comm. pers.). Les analyses ont porté sur le fourrage conservé mais aussi sur la terre et le fourrage frais des parcelles correspondantes. Au total, 421 échantillons ont été analysés. Les principaux résultats sont présentés figure 2 et tableau 8 :

- le fourrage vert est plus fréquemment contaminé que le fourrage conservé, mais quand l'herbe ne contenait pas de *Listeria*, il en était de même pour les BRE ;

- à peine 6% des balles rondes contiennent *L. monocytogenes*, ce qui est beaucoup moins que dans les études britanniques. Ces résultats sont sans doute à relier à une teneur en matière sèche moyenne plus élevée (environ 50%) et à une meilleure étanchéité des films ;

- les balles rondes sont globalement moins contaminées que les ensilages classiques (et pas plus que les foin prélevés). Cette contamination semble toutefois augmenter avec l'allongement du temps de conservation ;

- les contaminations sont plus fréquentes sur les fourrages issus de prairies permanentes que sur ceux provenant de prairies temporaires (*L. monocytogenes* surtout). Cette observation pourrait être à relier à la contamination tellurique ou (et) à l'orientation des processus fermentaires (tableau 8) ;

- comme pour la contamination butyrique, un effet du site (ou de la région) est observé ;

- d'autres travaux tendent à montrer une certaine efficacité de l'application des conservateurs biologiques (ferments) dans les ensilages d'herbe (LAFONT et MORGAN, 1990).

#### 5. *Listeria* et enrubannage : en conclusion...

Ces différents travaux mettent en évidence le rôle néfaste sur la contamination des zones périphériques altérées ayant un pH élevé, phénomène aggravé par l'abaissement du taux de matière sèche du

TABLEAU 8 : Comparaison de la contamination par *Listeria* selon le type de prairie (% de prélèvements positifs ; MARLY, 1993, comm. pers.).

TABLE 8 : Contaminations by *Listeria* in various types of pasture (% positive samplings ; MARLY, 1993, personal communication).

fourrage. **L'absence de toute pénétration d'air semble donc être la meilleure mesure préventive et le tri des zones altérées, la bonne mesure curative** ; la première mesure est en pratique très difficilement réalisable ou répétable.

L'effet des conservateurs sur *Listeria* a été peu étudié, et leur rôle d'abaissement du pH devient illusoire en cas de pénétration d'oxygène.

L'observation d'absence de contamination sur certaines balles ou certains lots présentant pourtant les mêmes risques potentiels laisse à penser que **les causes favorisant le développement de *L. monocytogenes* n'ont pas toutes été mises en évidence** ; en particulier, on ne sait pas si il existe des relations entre la contamination au champ ou les conditions de récolte et le risque de contamination des balles conservées. Les observations menées en Rhône-Alpes (ci-après) cherchent à répondre à cette interrogation.

## Etude menée en Rhône-Alpes sur la contamination de l'enrubannage

Une expérimentation de terrain, menée dans le cadre du Pôle d'Expérimentation et de Progrès bovins lait Rhône-Alpes, avait pour objectifs :

- concernant les spores butyriques, d'améliorer la connaissance des critères expliquant la contamination en *Clostridium tyrobutyricum*, en particulier ceux liés aux conditions de récolte ;
- concernant les *Listeria*, 1/ de confirmer et hiérarchiser les causes de contamination indiquées par la bibliographie, et 2/ d'aborder la relation entre contamination du fourrage au champ et après conservation.

### 1. Matériel et méthodes

Dans deux régions représentatives, on a observé les caractéristiques de 55 parcelles, les conditions de récolte et la qualité des balles correspondantes :

- dans les Monts du Beaujolais, on a observé 30 parcelles de 5 exploitations aux systèmes assez intensifs avec ensilage de maïs, prairies temporaires et fauches précoces,
- dans le Vercors : 25 parcelles réparties dans 5 exploitations de systèmes plus traditionnels avec prairies permanentes et fenaison sécurisée par les BRE.

#### ■ Spores butyriques

La contamination butyrique a été déterminée à partir de prélèvements effectués par carottage sur 2 balles représentatives de chaque

parcelle. Les critères de conservation (pH, AGV, Nsoluble N-NH<sub>3</sub>) ont été considérés comme associés à la contamination butyrique (et non explicatifs). **Les critères testés pour expliquer la contamination** sont les suivants :

- apport de fumure organique : type de produit, date et dose d'apport ;
- caractérisation de la parcelle : orientation, pente, relief, taupinières, type et humidité du sol ;
- caractérisation du fourrage : espèce, stade végétatif, homogénéité, production, composition physico-chimique, valeur nutritive ;
- caractérisation de la récolte : hauteur de coupe (herbomètre), type de faucheuse et de conditionneur, date de fauche, délais fauche-pressage et andainage-pressage, nombre de fanages, conditions météorologiques ;
- caractérisation de la conservation : type de presse, poids sec des balles, déformation des balles, délai pressage-enrubannage, lieu d'enrubannage, mode de stockage.

Ces critères ont été testés dans un modèle statistique par analyse de covariance ; le modèle intégrait également le test d'un effet « exploitation » et celui d'un effet « région ». Rappelons que ce traitement permet d'estimer l'effet de chaque critère testé lorsque tous les autres critères sont égaux par ailleurs. Le traitement est effectué à partir des contaminations exprimées en valeurs logarithme décimal du nombre de spores par g MS.

## ■ *Listeria*

**Contamination initiale du fourrage** : 10 des 55 parcelles correspondant à 5 éleveurs de chaque région ont été sélectionnées. Le fourrage a été prélevé dans les andains de pressage par la méthode des poignées (10 prélèvements par parcelle) pour rechercher la présence de *Listeria monocytogenes*.

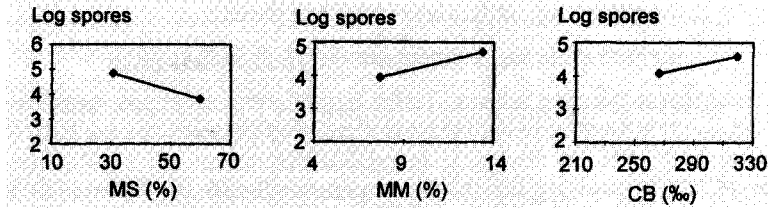
**Contamination du fourrage conservé** : à partir des résultats précédents, 2 parcelles représentant 2 niveaux de contamination initiale de l'herbe (faible et fort) ont été retenues. Des analyses ont été effectuées sur 9 balles conservées représentatives de chacune des parcelles. Pour chaque balle, les prélèvements et analyses suivants ont été réalisés :

- 1 pour déterminer la teneur en matière sèche,
- 9 prélèvements dans la zone périphérique (0-5 cm) de la balle, en privilégiant les parties visuellement altérées (moisies ou pourries),
- 9 prélèvement dans la zone centrale (5-60 cm), par carottage.

Sur les 324 échantillons on a recherché la présence de *L. monocytogenes* et mesuré le pH. Des dénombrements ont également été réalisés sur certains échantillons positifs.

FIGURE 3 : Droites ajustées des liaisons des teneurs en matière sèche (MS), matières minérales (MM) et cellulose brute (CB) avec la contamination en spores butyriques (Institut de l'Elevage, PEP Rhône-Alpes).

FIGURE 3 : Adjusted linear graphs of the relations between dry matter content (MS), mineral matter (MM), crude fibre (CB) and contamination by butyric spores (Institut de l'Elevage, PEP Rhône-Alpes).



## 2. Résultats sur la contamination butyrique

### ■ Critères explicatifs

Huit des critères étudiés expliquent de façon significative la contamination des BRE en spores butyriques : 3 critères caractérisant la composition physico-chimique du fourrage enrubanné, 4 critères caractérisant les conditions de récolte, et un critère géographique.

En ce qui concerne les **critères physico-chimiques**, la contamination est liée négativement à la teneur en Matière Sèche (test de probabilité : 0,001) et positivement à la teneur en Matière Minérale (0,021) et à la teneur en Cellulose Brute (0,059). La figure 3 montre les pentes des différentes liaisons :

- lorsque la teneur en MS passe de 30,6 à 59,6%, la contamination se réduit de 69 100 à 6 460 spores/g (soit de 10,5 fois) ;
- lorsque la teneur en MM augmente de 7,7 à 13,3%, la contamination augmente de 8 910 à 51 290 (soit de 5,8 fois) ;
- de même, lorsque la teneur en CB augmente de 266 à 319 g/kg MS, la contamination augmente de 11 750 à 38 190 spores/g (soit de 3,2 fois).

Parmi les critères caractérisant les **conditions de récolte**, on note que la contamination butyrique des BRE est diminuée significativement (tableau 9) lorsque :

- les parcelles n'ont pas reçu préalablement de fumure organique,
- le fourrage est fauché suffisamment haut (6 cm),

TABLEAU 9 : Contamination butyrique des BRE pour les critères de récolte ayant un effet significatif (résultats ajustés ; Institut de l'Elevage, PEP Rhône-Alpes).

TABLE 9 : Butyric contamination of wrapped round bales for various harvesting factors having significant effects (adjusted results ; Institut de l'Elevage, PEP Rhône-Alpes).

Critères	Modalités	Contamination (log spore/g MS)	Probabilité
Apport de fumure organique	Non	3,65	0,007
	Oui	4,35	
Hauteur de coupe	< 6 cm	5,21	0,037
	≥ 6 cm	4,34	
Conditionnement du fourrage	Non	4,65	0,005
	Oui	3,35	
Nombre de fanages	0	4,76	0,007
	1	4,01	
	2 et +	3,22	

- l'on a utilisé une faucheuse conditionneuse,
- le nombre de fanages augmente de 0 à 1 ou 2 et plus.

**Critères géographiques** : l'effet « exploitation » n'est pas significatif, mais on observe un effet « région » : après ajustement par les autres critères, les BRE des Monts du Beaujolais présentent une contamination (4,55 log spores/g MS) 10 fois supérieure à celle du Vercors (3,45 log spores/g MS ; probabilité : 0,013).

## ■ Discussion sur spores butyriques et enrubannage

L'effet de la teneur en Matière Sèche, déjà bien connu, se trouve conforté. L'effet de la teneur en Matière Minérale (MM) peut sans doute être relié à l'apport de terre. **La terre agirait surtout indirectement en augmentant le pouvoir tampon du fourrage** ; en effet, on n'observe pas de relation entre MM et contamination butyrique sur l'herbe récoltée (tableau 9).

L'augmentation de la teneur en cellulose correspond à **une diminution des glucides solubles. Elle favorise donc les fermentations secondaires synonymes de contamination butyrique**, en particulier dans les BRE les plus humides.

Contrairement à l'incorporation de terre, **l'effet négatif de l'apport de fumure organique** ne peut s'expliquer qu'à travers une élévation de la contamination initiale. Toutefois, ce phénomène n'est pas apparu dans les résultats concernant les 10 parcelles prélevées à la récolte (tableau 10). Par ailleurs, il n'a pas été possible de tester l'effet de la nature du produit (lisier, fumier, compost, boues), ni celui de la date d'apport (de novembre à mars).

**L'effet défavorable d'une coupe rase** sur la contamination peut sans doute être relié à l'incorporation de terre, voire à d'autres critères comme la vitesse de séchage de l'herbe ou sa composition physico-chimique (compressibilité).

**L'effet favorable du conditionnement** donne des perspectives intéressantes. Il peut sans doute être attribué à un compactage plus aisé dans la presse, de même qu'à une meilleure orientation des fermentations (libération des glucides ?). **L'effet favorable du fanage** va plutôt à contre courant d'avis empiriques fondés sur la crainte d'apport de terre par cette opération. L'effet améliorateur de la répétition des fanages pourrait avoir comme raison la réduction des micro-hétérogénéités des réactions fermentaires, souvent dénoncées (JONSSON *et al.*, 1990), grâce à un émiettement des particules de terre soulevées par la faucheuse et à une plus grande homogénéité du taux de matière sèche du fourrage dans l'andain de pressage.

**Les éléments de l'étude ne permettent pas d'expliquer la différence** de sensibilité au développement des spores **entre les balles des 2 régions**. Elle ne peut donc être liée qu'à des critères non traités ici. Les régions peuvent se distinguer par des dates de coupes différentes et donc des conditions météorologiques différentes, par des natures de sols différentes ; les niveaux d'intensification différents peuvent modifier certaines caractéristiques du fourrage ; il peut exis-

TABLEAU 10 : Contamination initiale de l'herbe en *Listeria monocytogenes* et en spores butyriques dans 10 parcelles (Institut de l'Elevage, PEP Rhône-Alpes).

TABLE 10 : Initial contamination of herbage by *Listeria monocytogenes* and by butyric spores on 10 plots (Institut de l'Elevage, PEP Rhône-Alpes).

Parcelle	<i>L. monocytogenes</i> (% résultats positifs*)	Spores butyriques (nb/g MS)	Hauteur de coupe (cm)	Nb de fanages
<b>Monts du Beaujolais</b>				
1	20	1,6	7,0	0
2	40	9,5	5,4	2
3	10	0	7,9	0
4	10	22,2	7,5	2
5	10	2,2	7,0	0
<b>Vercors</b>				
6	0	10,6	10,0	1
7	0	2,8	9,9	2
8	0	9,2	8,3	1
9	0	6,3	11,5	1
10	0	8,8	7,3	1

\* Un résultat négatif ne signifie pas nécessairement une absence totale de contamination (seuil de sensibilité de l'analyse)

ter des habitudes de travail spécifiques à chacune des populations d'éleveurs...

### 3. Description de la contamination en *Listeria*

#### ■ Contamination du fourrage vert avant pressage

Les parcelles des Monts du Beaujolais présentent un fourrage plus fréquemment contaminé en *Listeria monocytogenes* que celles du Vercors (tableau 10). Ces fréquences sont respectivement de 18% et 0%. Parmi les critères observés, seules la hauteur de coupe plus faible et la fréquence de fanage dans la première région peuvent apparaître discriminantes. Les parcelles 2 et 10 ont été retenues pour l'étude des BRE.

#### ■ Contamination des balles conservées

##### - Des évolutions différentes selon la région

Les balles de la parcelle 2, dans les Monts du Beaujolais, sont moins fréquemment contaminées que le fourrage vert d'origine (tableau 11). Leurs zones périphériques sont plus fréquemment conta-

TABLEAU 11 : Contamination en *Listeria monocytogenes* des balles enrubannées de 2 parcelles présentant des contaminations initiales différentes (Institut de l'Elevage, PEP Rhône-Alpes).

TABLE 11 : Contamination by *Listeria monocytogenes* of wrapped bales from 2 plots with different initial contaminations (Institut de l'Elevage, PEP Rhône-Alpes).

Région et contamination du fourrage vert (% résultats positifs, <i>L. monocytogenes</i> )	Zone de la balle	<i>L. monocytogenes</i> (% résultats positifs)	pH
<b>Monts du Beaujolais (parcelle 2)</b>			
40% (forte contamination initiale)	Centrale	2,4	5,06
	Périphérique	18,6	5,46
<b>Vercors (parcelle 10)</b>			
0% (faible contamination initiale)	Centrale	13,6	5,81
	Périphérique	11,1	5,97

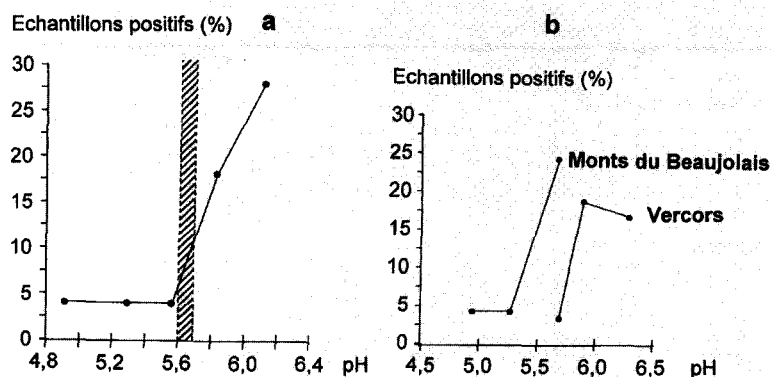


FIGURE 4 : Relation entre la contamination en *Listeria monocytogenes* et le pH de balles enrubannées a) relation globale pour 18 balles (324 analyses, moyenne de 5 classes d'effectifs identiques), b) effet de la parcelle (moyennes de 2 fois 3 classes d'effectifs identiques ; Institut de l'Elevage, PEP Rhône-Alpes).

FIGURE 4 : Relationship between contamination by *Listeria monocytogenes* and the pH of wrapped bales ; a) overall relationship for 18 bales (324 analyses, mean of 5 classes of equal size), b) effect of the plot (means of twice 3 classes of equal size ; Institut de l'Elevage).

minées que leurs zones centrales, au pH moins élevé. Inversement, les balles de la parcelle 10 du Vercors sont plus fréquemment contaminées que le fourrage vert d'origine. Leur pH est plus élevé que celui des balles de la parcelle 2 (quelle que soit la zone de la balle).

**- Une relation très nette entre la contamination et le pH, modulée par la teneur en MS du fourrage**

La figure 4a montre que la contamination reste très peu fréquente (3,2%) jusqu'à un certain seuil de pH puis augmente ensuite rapidement. Le pH seuil se situe en moyenne vers 5,6-5,7. L'effet de la zone de la balle se confond en fait intégralement avec l'effet du pH.

La contamination est plus sensible à l'élévation du pH pour la parcelle 2 (Monts du Beaujolais) que pour la parcelle 10 (Vercors, figure 4b). Pour les balles de la parcelle 2 qui présentent une teneur moyenne en MS de 40%, la contamination devient fréquente au dessus d'un seuil de pH de 5,4-5,5. Pour les balles de la parcelle 10 qui présentent une teneur en MS de 45%, ce seuil de pH se situe vers 5,8-5,9.

**- Un niveau de contamination également dépendant du pH et de la matière sèche**

Le niveau de contamination est d'autant plus fort que le pH est élevé (tableau 12). Par ailleurs, comme pour la fréquence de contamination, les balles de la parcelle 2 paraissent plus sensibles à l'élévation du pH que celles de la parcelle 10.

Parcelle	Zone centrale			Zone périphérique		
	Nb analyses	<i>L. monocytogenes</i> (nb de spores/g)	pH	Nb analyses	<i>L. monocytogenes</i> (nb de spores/g)	pH
Monts du Beaujolais (parcelle 2)	2	35	4,95	7	631 700	6,20
Vercors (parcelle 10)	4	2 240	5,97	4	17 800	6,34

TABLEAU 12 : Niveau de contamination en *Listeria monocytogenes* selon la parcelle et la zone de la balle (Institut de l'Elevage, PEP Rhône-Alpes).

TABLE 12 : Level of contamination by *Listeria monocytogenes* according to plot and to portion of bale (Institut de l'Elevage, PEP Rhône-Alpes).



Globalement, les zones centrales positives présentent une contamination environ 100 fois plus faible que celle des zones périphériques positives. Ici encore, l'effet zone se confond avec l'effet pH.

## ■ Discussion sur *L. monocytogenes* et enrubannage

**La différence de contamination du fourrage vert entre les 2 régions est délicate à interpréter.** La coupe rase, source d'incorporation de terre, peut être à l'origine d'une contamination plus fréquente dans les Monts du Beaujolais. Toutefois, les teneurs en matière minérale comme en spores butyriques sont comparables d'une région à l'autre...

En revanche, dans le Vercors, la dessiccation plus intense peut avoir provoqué une destruction partielle des bactéries... mais le séchage plus lent d'un fourrage plus jeune peut au contraire les avoir favorisées.

L'étude de la contamination des balles corrobore les données bibliographiques. **Le pH est bien le critère de base qui, selon sa valeur, conditionne la destruction, l'inhibition ou le développement de *L. monocytogenes*.** Il est confirmé que cette relation est modulée par la teneur en matière sèche ; **dans les balles humides, le pH seuil de multiplication de *L. monocytogenes* est plus bas que pour les balles plus sèches.** A partir de ces relations, il est possible de construire un modèle théorique du pH seuil en fonction de la teneur en MS, modèle éventuellement utilisable comme outil de diagnostic et de sensibilisation.

Au regard des ces résultats, **la contamination des BRE ne semble pas réellement dépendante de celle du fourrage frais à la récolte.** Cet aspect demande toutefois confirmation.

D'un calcul approché issu des résultats de fréquence d'une part et de dénombrement d'autre part, on déduit que **plus de 99% des *L. monocytogenes* des balles étudiées sont situées dans la frange périphérique des balles. Le tri des zones altérées dépassant le pH seuil devrait donc constituer une mesure curative particulièrement efficace.**

## Conclusion

Sans prétendre obtenir un fourrage enrubanné totalement exempt de germes indésirables, **il est possible, selon les acquis actuels, de réduire fortement les risques de développement de *Clostridium tyrobutyricum* (CT) et de *Listeria monocytogenes* (LM), et donc les risques de contamination des laits correspondants.** Les impératifs portent en particulier sur la nécessité :

- de récolter un fourrage jeune riche en glucides et pauvre en cellulose (pour LM et CT),
- de faucher haut en utilisant de préférence une conditionneuse (surtout pour CT),

- de rechercher une teneur en MS suffisante (40 à 60%) et de réaliser au moins un fanage (surtout CT),
- de récolter des parcelles régulières et de travailler proprement de façon à ne pas incorporer de terre (CT et LM),
- de constituer des balles de forme régulière et non déformable (surtout LM),
- de soigner l'enrubannage et le stockage de manière à obtenir une herméticité complète et pérenne de chaque balle (surtout LM),
- de trier le fourrage périphérique altéré et de ne pas distribuer aux femelles laitières d'éventuelles balles très détériorées (surtout LM).

L'application d'un conservateur acide pourra, si ces conditions préalables sont réunies, améliorer encore la situation (surtout CT). Mais il reste nécessaire d'approfondir encore les connaissances sur les facteurs de contamination. Il est tout particulièrement nécessaire de préciser plus avant l'incidence des épandages de lisier, fumier ou autres apports organiques et de définir des normes et recommandations, par rapport au risque butyrique notamment.

Exposé présenté aux Journées d'information de l'A.F.P.F.,  
«Récolter et conserver l'herbe aujourd'hui»,  
les 1<sup>er</sup> et 2 avril 1998.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERGERE J.L., GOUET P., HERMIER J., MOCQUOT G. (1968) : «Les Clostridium du groupe dans les produits laitiers», *Ann. de l'Institut Pasteur de Lille*, XIX, 41-54.
- CORROT G. (1986) : *Répartition géographique de la contamination butyrique dans les silos*, ITEB, GIAL, ITG, Compte rendu n°86016.
- CORROT G. (1989) : *Etude de la température du pH et de la contamination butyrique pendant la phase fermentaire de silos d'herbe*, ITEB, Compte rendu n°89073.
- CORROT G., DELACROIX J. (1992) : *Balles rondes enrubannées, Contamination en spores butyriques et qualité de conservation du fourrage*, Institut de l'Elevage, Comptes rendus n°91201 et 92024 .
- CORROT G. Chambre d'Agriculture 21 et 24, FDCUMA (19), INRA Le Pin, LEPA de Chaumont, LEPA de Naves (1994) : *Enrubannage et conservation, actualisation des références, observations sur les nouveaux matériels*, Institut de l'Elevage, Compte rendu n°94086.
- CORROT G., LEGTA de Chaumont, Chambre d'Agriculture 64 (1995) : *Effet du hachage et de l'incorporation d'un conservateur dans des balles rondes enrubannées à faible taux de matière sèche*, Institut de l'Elevage, Compte rendu n°95031.
- DONALD A.S., FENLON D.R., SEDDON B. (1992) : *Survival and growth of Listeria Monocytogenes in silages of various water activities*, *The Eleventh Int. Symp. on Problems of Listeriosis*, Eigtved's Pakhus, Copenhagen, 11-14 May 1992.
- FENLON D.R. (1986) : «Rapid quantitative assessment of the distribution of Listeria in silage implicated in a suspected outbreak of Listeriosis in calves», *Veterinary Record*, N°118, 240-242.

- FENLON D.R., WILSON J., WEDDEL J.R. (1989) : «The relationship between spoilage and *Listeria Monocytogenes* contamination in bagged and wrapped big sale silage», *Grass and Forage Sci.*, vol. 44, 97-100.
- FENLON D.R., WILSON J., WEDDEL J.R. () : *The effect of dry matter concentration on the level of contamination of big bale silage by Listeria Monocytogenes and lactate fermenting clostridial spores*, North of Scotland College of Agriculture , Aberdeen, poster 6.
- HARTEISER M. (1995) : *Quelques observations sur l'évolution de la contamination des ensilages de maïs en Listeria monocytogenes*, Institut de l'Elevage (non publié).
- Institut de l'Elevage, Chambre d'Agriculture 87 (1997) : *Enrubannage, effet du hachage sur les pertes de conservation et sur la distribution à des brebis*, Compte rendu n°97091.
- JONSSON A. LINDBERG H., SUNDAS S., LINGVALL P., LINDGREN S. (1990) : «Effect to additives on the quality of big bale silage», *Animal Feed Sci. and Technol.*, 31, 139-155, Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam.
- LAFONT P., MORGAN P. (1990) : «Effet sur *Listeria monocytogenes* de l'ensemencement contrôlé d'ensilage par des bactéries lactiques», *Microbiologie Aliments Nutrition*, 8 p 157-163.
- MENARD J.L., SANAA M. (1992) : *Origines et prévention de la contamination du lait de tank à la ferme par Listeria Monocytogenes*, Synthèse publiée par l'Institut de l'Elevage.
- ROCOURT J., GOULET V., LEPOUTRE A., DECHAUMONT P., VEIT P. (1994) : «Epidémiologie de la Listériose», *Cahier Nutr. Diét.*, XXIX, 98-101.
- SHELCHER F. (1992) : «Listériose des ruminants et santé humaine», *Le Point Vétérinaire*, vol. 24, n°145, 215-227.

#### SUMMARY

##### ***Bacteriological quality of wrapped round bales. Control of contaminations***

The technique of bale wrapping has been developing to a large extent in the regions of medium altitude. Due to inherent bacteriological and sanitary risks, it comes up against the present trend of moving local milk transformation increasingly towards produce with identifiable regional characteristics and based on so-called traditional feeding.

The first part deals with the present theoretical and practical knowledge regarding the two bacteria that are particularly involved : *Clostridium tyrobutyricum* and *Listeria monocytogenes*. The second part shows the results of a study where farms of the Rhône-Alps region were monitored ; the controlling factors of these two agents were analysed. Contamination by *C. tyrobutyricum* is very small when the dry matter content is above 50% ; the use of additives, conditioning, teddings are beneficial too. *L. monocytogenes* develops preferably in the parts of bales that are spoilt by oxygenation, where the pH is low, and all the more so as the DM content is lower. Contamination of the wrapping does not appear to depend on that of the fresh forage. Lastly, practical advice is given on how to avoid the contamination of bales.