

ENSILAGES ET GONFLEMENT BUTYRIQUE DES FROMAGES

INTRODUCTION

LA DISTRIBUTION A DES VACHES LAITIÈRES, DE PRÉFÉRENCE APRÈS LA TRAITE, D'ENSILAGES DE TRÈS BONNE QUALITÉ BIOCHIMIQUE ET BACTÉRIOLOGIQUE N'A PAS DE CONSÉQUENCES néfastes sur la qualité de la majeure partie des produits laitiers, y compris de nombreux fromages. L'emploi de l'ensilage peut même être recommandé pour améliorer la qualité du beurre dont il permet d'accroître, en hiver, la richesse vitaminique, donc la couleur, en même temps qu'il en améliore la texture. Par contre, l'ensilage conduit à de sérieux déboires dans la fabrication de certains fromages à pâte pressée et surtout de ceux à pâte cuite en provoquant un défaut appelé « gonflement tardif » ou « gonflement butyrique ».

I. — LE « GONFLEMENT TARDIF » DES FROMAGES

Le gonflement tardif se manifeste par une production intense de gaz (hydrogène + gaz carbonique) débutant quelques semaines après la fabrication. Parfois, le gonflement est assez violent pour désorganiser complètement la structure interne du fromage tandis que la croûte se fend (figure 1*a*). Dans

d'autres cas, l'augmentation de pression n'entraîne qu'une distension des yeux qui prennent alors des formes irrégulières. Enfin, le défaut peut être seulement localisé, provoquant ce que les fromagers appellent des « cuites » (figure 1 *b*) dont le diamètre peut atteindre jusqu'à 10 cm, alors que le reste du fromage présente une ouverture normale. Un goût et une odeur désagréables, dus essentiellement à la présence d'acide butyrique, accompagnent cette fermentation gazeuse excessive.

Ce défaut est grave, d'une part parce qu'il apparaît tardivement après que de nombreux fromages ont déjà été fabriqués, et d'autre part parce qu'il déprécie toujours ces fromages et parfois les rend même invendables. C'est pourquoi l'ensilage a été et reste condamné dans les régions traditionnelles où l'on fabrique le gruyère et l'emmental, tant en France que dans d'autres pays comme, par exemple, la Suisse. Les agents responsables de ce défaut, appelés communément « ferments butyriques », sont des bactéries appartenant presque toujours à l'espèce *Clostridium tyrobutyricum*. Cette espèce est anaérobie et produit des spores capables de résister à de nombreux agents chimiques et physiques tels que la chaleur et la dessiccation. Elles ne sont pas détruites par la pasteurisation du lait, ni par le chauffage utilisé pour la préparation des fromages fondus dans lesquels elles sont susceptibles de provoquer à nouveau le défaut de gonflement lorsque des fromages butyriques servent de matière première.

Cette bactérie est présente dans le sol et contamine donc les fourrages au moment de leur récolte. Cependant, elle se trouve généralement en nombre trop faible pour entraîner un défaut lorsque les vaches les ingèrent avec l'herbe ou avec le foin. Par contre, dans l'ensilage, surtout lorsqu'il est mal préparé, elle trouve des conditions très favorables à son développement.

Le passage des « butyriques » de l'ensilage au lait se fait sous forme de spores au moment de la traite, soit directement par les débris d'ensilage transportés par l'air, l'animal ou le vacher, soit indirectement par l'intermédiaire de la bouse, facteur de contamination le plus important.

L'apparition du gonflement butyrique dans les fromages est avant tout fonction du nombre de spores présentes dans le lait de fabrication comme le montre le tableau I dans le cas de l'emmental.

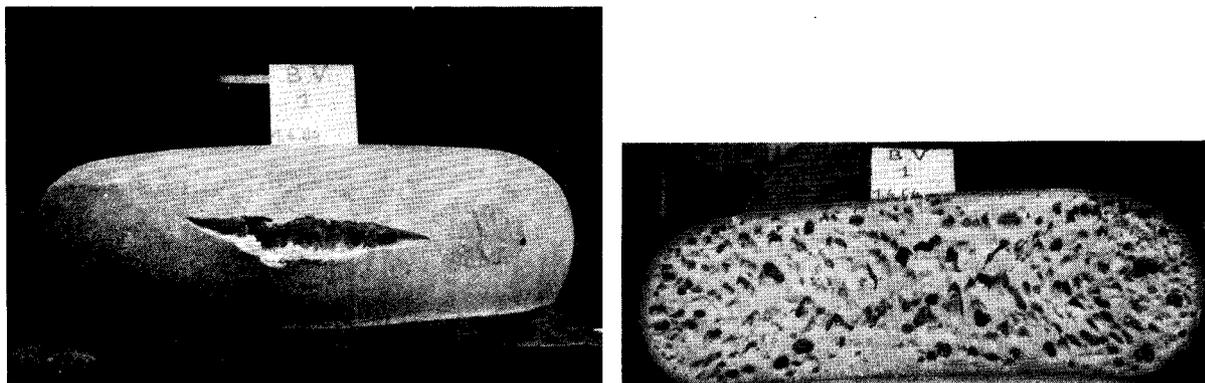


FIGURE 1 a

Gruyère de Comté présentant un gonflement butyrique généralisé avec éclatement de la croûte.

Fromage coupé après soixante jours d'affinage, 10 millions de spores de Clostr. tyrobutyricum par gramme.

Lait de fabrication contenant 17.000 spores de « butyrique » par litre et provenant de vaches recevant un ensilage direct d'herbe de prairie contenant plus de 100.000 spores de Clostridium par gramme de matière sèche.



FIGURE 1 b

Emmental présentant un défaut butyrique localisé ou « cuite ». Fabrication à partir de lait d'ensilage d'herbe contenant 800 spores de « butyrique » par litre.

Fromage coupé après quatre mois d'affinage, 1 million de spores de Clostridium tyrobutyricum par gramme au niveau de la cuite mais moins de 10 spores dans tout le reste de la meule.

TABLEAU I
INFLUENCE DU NOMBRE DE SPORES
SUR LA FRÉQUENCE D'APPARITION DU GONFLEMENT BUTYRIQUE
DANS DES FROMAGES D'EMMENTAL

<i>Nombre de spores par litre de lait (*)</i>	<i>Nombre de fromages fabriqués</i>	<i>% de fromages butyriques</i>
< 200	27	0
200-1.000	63	10
1.000-10.000	72	33
> 10.000	27	50

(*) Dénombés sur un milieu au lactate (BERGERE et coll., 1972). Il s'agissait de lait de vaches recevant de l'ensilage dans leur alimentation.

En outre, pour une contamination donnée en spores, le gonflement butyrique dépend des traitements subis par le lait et de la technologie employée pour la fabrication du fromage. La meilleure preuve en est donnée par la différence de sensibilité des divers fromages à ce type de défaut. Ainsi, les fromages à pâte cuite tels que le gruyère de Comté et l'Emmental sont les plus affectés ; viennent ensuite certaines pâtes pressées telles que l'édam et surtout le gouda, alors que les fromages à pâte molle comme le camembert ou les « bleus » ne présentent jamais de défaut. Dans d'autres fromages français ou d'origine étrangère, le gonflement butyrique peut également se manifester à des degrés divers ; c'est le cas par exemple pour le tilsitt, la fontine et surtout le parmesan. Les « butyriques » peuvent également se développer dans le cheddar où ils produisent un rancissement sans provoquer de gonflement.

Dans ce qui suit, nous envisageons plus en détail :

- au niveau de la production, l'influence de différents facteurs et, en particulier, de l'ensilage sur la contamination du lait en spores de *Clostridium tyrobutyricum* ;
- au niveau de la transformation, les conditions d'apparition du gonflement butyrique dans les fromages et les possibilités de prévenir ce défaut, spécialement dans le cas des fromages à pâte cuite du type gruyère.

II. — CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT DE CLOSTRIDIUM TYROBUTYRICUM DANS LES ENSILAGES ET CONTAMINATION DU LAIT

1) Conditions d'évolution des fermentations dans les ensilages.

L'ensilage résulte de la fermentation d'un fourrage humide ou partiellement fané, conservé à l'abri de l'air et fortement tassé. Cette fermentation spontanée peut être naturelle ou orientée par l'addition d'agents de conservation. Les glucides cytoplasmiques, glucose et fructose principalement, les acides organiques (citrique, malique, tartrique) sont fermentés avec ou sans production de gaz (gaz carbonique surtout et parfois hydrogène et bioxyde d'azote) par une microflore où dominent des bactéries au métabolisme lactique (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus brevis*, *Pediococcus* sp.). La concentration en métabolites fermentescibles du substrat, son pouvoir tampon lié à ses taux d'azote et de matières minérales déterminent l'intensité des fermentations et la vitesse d'abaissement du pH. Selon la valeur atteinte par ce dernier, le fourrage ensilé peut être ou non stabilisé durant toute la durée de la conservation.

Les graminées, en particulier les ray-grass, peuvent contenir 12 à 20 % de sucres dans leur matière sèche et produire des ensilages à pH 3,8-4,0. Par contre, d'autres graminées (dactyle, certaines fétuques) et les légumineuses (luzerne) ont des taux de glucides ne dépassant pas 6 % et produisent des ensilages dont le pH 4,5-5,0 est trop élevé pour garantir leur stabilité. Dans ce cas, on voit apparaître après un délai qui peut varier de deux à huit semaines, de l'acide butyrique alors que la concentration en acide lactique diminue jusqu'à disparaître. Les agents bactériens de cette dégradation appartiennent au genre *Clostridium*. Les espèces de *Clostridium* fermentant le lactate les plus fréquemment identifiées sont, en premier *Clostridium tyrobutyricum*, puis *Clostridium butyricum*. Les espèces protéolytiques sont *Clostridium sprogens*, *Clostridium bifermentans* et *Clostridium perfringens*.

La contamination du fourrage a lieu principalement au moment de la récolte, par la terre des champs et des abords de silo qui constituent la source majeure de spores, alors que l'origine des lactobacilles est plutôt à rechercher dans les instruments de récolte et de transports et, d'une façon générale, partout où des jus d'herbe peuvent apparaître et stagner.

Pour plusieurs espèces fourragères telles que les légumineuses, certains dactyles et fétuques, la fermentation naturelle est trop aléatoire pour garantir un ensilage exempt de spores de *Clostridium tyrobutyricum*. Il est alors nécessaire de recourir à une technologie particulière, soit par augmentation du taux de matière sèche, soit par acidification du fourrage à la mise en silo.

2) Technologie et qualité bactériologique des ensilages.

Les résultats rapportés dans le tableau II concernent des ensilages préfanés expérimentaux dont les taux de matière sèche varient de 20 à 50 %. On constate que dans les conditions de confinement total en silo étanche, avec

TABLEAU II
INFLUENCE DE LA TENEUR EN MATIÈRE SÈCHE
SUR LE DÉVELOPPEMENT DES *CLOSTRIDIUM*
FERMENTANT LE LACTATE DANS L'ENSILAGE DE LUZERNE

Taux de M.S. de l'ensilage	19,9	19,9	25,5	25,5	31,7	31,7	35,8	35,8	39,2	39,2
Jour du prélèvement après la mise en silo	22	98	22	98	22	98	22	98	22	98
Nbre de spores $\times 10^3$ par gramme de matière sèche	72	2.400	60	100	0,34	8,4	0,15	1,3	0,42	0,07

un tassement énergétique, l'élévation du taux de matière sèche accroît la sécurité en diminuant le nombre de spores qui est inférieur à 1.000 par gramme, bien que le pH reste élevé. L'inhibition du développement des *Clostridium* peut être due, dans ce cas, à des modifications physico-chimiques du milieu consécutives au préfanage. La déshydratation partielle, en élevant la concentration du contenu cytoplasmique, en retardant ou en supprimant la plasmolyse et par conséquent la phase liquide dans l'ensilage, rend peu accessible aux bactéries les substances nutritives indispensables à leur croissance. Au plan pratique, nous déconseillons cependant l'utilisation de cette technique car elle est par trop tributaire de facteurs que l'éleveur ne maîtrise pas (conditions climatiques); en outre, elle exige des machines hachant très finement, un silo étanche, une bonne technicité. Si ces conditions ne sont pas réunies, le produit final risque d'être d'une très mauvaise qualité.

La marge de sécurité de cette technique est donc trop faible pour que nous puissions la recommander.

La méthode d'acidification artificielle est, de toutes les techniques, celle qui a donné les meilleures preuves d'efficacité (VIRTANEN, 1936) dans des pays où l'on fabrique depuis longtemps du gruyère avec des laits d'ensilage (Finlande). Les aléas de la fermentation lactique spontanée sont compensés par l'addition d'acides minéraux forts (acides chlorhydrique et sulfurique) qui abaissent le pH à 3,8-4,0 au moment de la mise en silo. Le nombre de spores se situe le plus souvent vers 5.10^3 (10^2 à 10^4) (BERGERE et coll., 1969), mais il peut arriver aussi qu'il atteigne 10^5 /g d'ensilage lorsque le fourrage a été particulièrement souillé par de la terre (tableau III). Les

TABLEAU III
INFLUENCE DU TRAITEMENT DU FOURRAGE
SUR LE DÉVELOPPEMENT DES *CLOSTRIDIUM*
FERMENTANT LE LACTATE
(Dénombrement sur milieu de Rosenberger)

Type d'ensilage	Taux de matière sèche % (M.S.)	pH	Acide butyrique % M.S.	Nombre de spores par gramme de M.S.
Naturel direct	21,1	4,8	0,05	$1,2 \times 10^2$
	20,8	4,7	0,16	$1,2 \times 10^5$
	15,8	6,3	0,70	$1,9 \times 10^5$
	24,2	4,5	1,35	$1,1 \times 10^5$
	21,5	5,9	2,90	$1,2 \times 10^5$
	25,6	5,3	3,20	$3,1 \times 10^5$
Préfanage	38,5	4,8	0	10^2
	38,8	5,1	0	2×10^1
	30,8	4,9	0,36	$1,6 \times 10^3$
	31,8	4,9	0	$2,2 \times 10^3$
	67,2	6,2	0	2×10^2
A.I.V.	20,8	4,0	0	0
	21,8	4,1	0	10
	22,9	3,6	0	10
	21,0	3,9	0	5×10^2
	21,0	4,1	0	7×10^3
	22,7	3,8	0	$3,5 \times 10^4$
	23,2	4,1	0	10^5

échecs enregistrés sont dus à l'emploi de concentrations d'acides insuffisantes, à sa répartition hétérogène ou à l'emploi de silos fissurés, mal drainés et mal couverts. La périphérie de l'ensilage est généralement plus riche en spores que le centre (AIKKINEN, 1955).

94 Cette technique n'a pas connu de développement car elle présente quelques inconvénients qui ont été fortement grossis, tels que manipulations

Gonflement butyrique

d'acides forts, inappétence en cas de mauvais dosage, nécessité de peser quelques remorques pour calculer les doses d'acides à incorporer et surtout niveau technique moyen insuffisant. Le conservateur qui connaît actuellement la meilleure vogue est l'acide formique. Les études microbiologiques d'ensilages formiques n'ont pas été effectuées mais, si l'on en juge par les spectres fermentaires enregistrés, ces ensilages semblent bien être en général de qualité satisfaisante. Par ailleurs, le fait que cette technique s'implante de plus en plus dans les pays nordiques, y compris en Finlande, et au détriment de la méthode A.I.V., doit témoigner en faveur de son efficacité. Ces pays sont en effet très attachés à la qualité de leurs produits laitiers et en particulier de l'emmental.

3) Les ensilages de maïs.

Parmi les espèces fourragères ensilées, le maïs constitue une notable exception par la qualité des ensilages qu'il procure et la facilité de leur réussite. Ceci s'explique par la carence en substances tampons de la plante, particulièrement en matières azotées et en minéraux. Il s'ensuit qu'une fermentation lactique, même modérée, entraîne rapidement (un à deux jours) un abaissement du pH jusqu'à 3,8 et, à taux de matière sèche comparables, il faut moins d'acide lactique dans l'ensilage de maïs que dans celui de luzerne ou ray-grass pour arriver finalement à un pH nettement inférieur (GOUET, 1968). Cette rapidité d'acidification et le bas pH atteint inhibent le développement des *Clostridium*. Les nombres de spores présentes dans les ensilages de maïs sont fréquemment inférieurs à ceux des meilleurs ensilages A.I.V. (tableau IV).

TABLEAU IV
RÉPARTITION DU NOMBRE (N) DE SPORES
DE *CLOSTRIDIUM TYROBUTYRICUM*
DANS DES ENSILAGES A.I.V. ET DE MAÏS
(en % du nombre d'analyses)

<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Nombre (N) de spores</div> <div style="margin-left: 10px;">Nombre d'analyses</div> </div>	Ensilages	
	A.I.V.	Maïs
	72	53
N < 10 ²	33 %	73 %
10 ² < N < 5.10 ³	35 %	17 %
5.10 ³ < N < 10 ⁴	12 %	10 %
10 ⁴ < N < 10 ⁵	20 %	2 %

La récolte tardive du maïs, à un taux de matière sèche de 30 à 35 %, procure des ensilages à pH nettement plus élevés (4,5 à 5,5) ; néanmoins, le nombre de spores de *Clostridium* n'augmente pas pour autant dans ces conditions.

4) Conclusion ou précautions à prendre pour obtenir un ensilage de qualité.

Pour conclure, nous rappellerons les principes qui permettent d'obtenir des ensilages de bonne qualité bactériologique :

- le silo doit être étanche, les murs solides et doublés de polyane si des interstices se présentent (planches peu jointives). Les murs de paille, de rondins sont à proscrire. Le fond du silo sera nécessairement bétonné ainsi que les abords afin que le tracteur qui assure le tassement n'aille pas rouler dans une terre fortement contaminée en spores ;
- l'ensileuse ne doit pas aspirer de terre et doit hacher très finement ;
- il est préférable d'utiliser un conservateur (acide formique) pour les ensilages d'herbe ; celui-ci doit être intimement mélangé à la masse du fourrage ;
- le tassement doit être soigneusement effectué ;
- le volume du silo et le début du chantier doivent être calculés pour que le remplissage ne dépasse pas quarante-huit heures ;
- le silo doit être couvert avec un film solide, non déchiré, plaqué à la surface de l'ensilage ;
- le désilage doit être suffisamment rapide (10-15 cm/jour) et l'ensilage non entamé doit rester soigneusement couvert ;
- les secteurs moisissés, échauffés doivent être éliminés et enterrés.

III. — COMPORTEMENT DE CLOSTRIDIUM TYROBUTYRICUM DANS LE TRACTUS DIGESTIF DES RUMINANTS ET INFLUENCE DE L'ALIMENTATION SUR LA CONTAMINATION DU LAIT

Dans le tractus digestif du ruminant, la microflore anaérobie sporulée fermentant le lactate est extrêmement fluctuante. Les variations que l'on peut enregistrer semblent tributaires du degré de contamination de l'aliment

et, éventuellement, du comportement individuel. Cette microflore ne semble pas s'implanter de façon durable dans le rumen.

A la pâture ou avec des foins récoltés dans de bonnes conditions, le nombre de spores dans les excréments ne dépasse pas $10^3/g$ de M.S. Par contre, une alimentation à base d'ensilage peut augmenter cette concentration jusqu'à 10^4-10^6 selon son degré de contamination (tableau V).

TABLEAU V
INFLUENCE DE LA CONTAMINATION DES ALIMENTS
SUR LA TENEUR DES FÈCES
EN SPORES DE *CLOSTRIDIUM FERMENTANT LE LACTATE*
(Dénombrement sur milieu de Rosenberger)

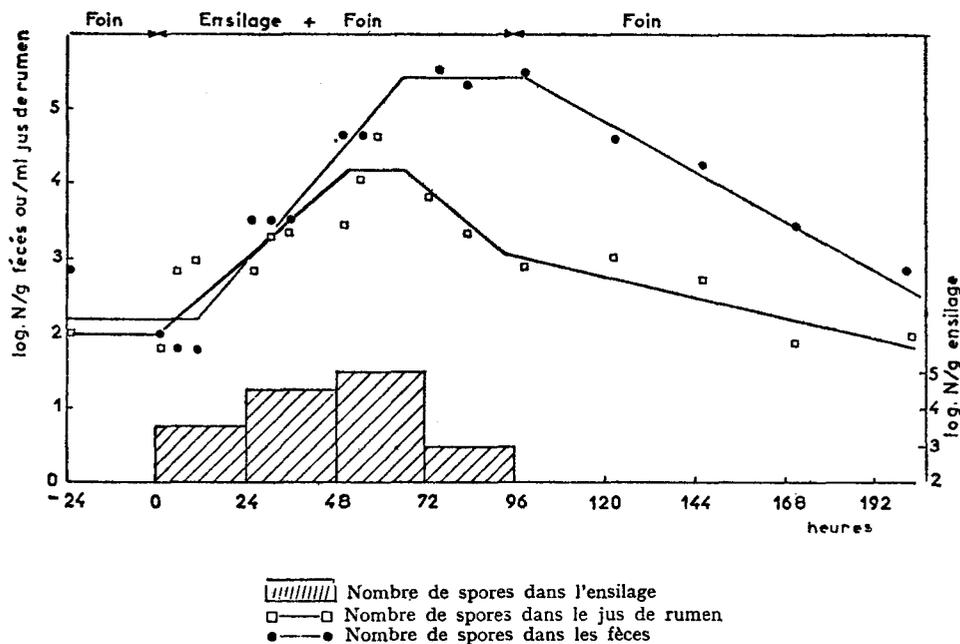
<i>Type d'aliments</i>	<i>Nombre de spores par gramme de matière sèche</i>	
	<i>dans l'aliment</i>	<i>dans les fèces</i>
Foin de bonne qualité	$10-10^2$	10^3
Foin de mauvaise qualité . .	10^2-10^4	10^3-10^5
Ensilage A.I.V. :		
bonne qualité	10^2-10^3	2.10^4
moyenne qualité	4.10^4	4.10^5
Ensilage feuil. col. betterave	$3,8.10^5$	$1,4.10^6$
Ensil. direct herbe de prairie	$7,5.10^5$	$4,1.10^6$

La figure 2 montre comment évolue la contamination en spores au niveau du rumen et des fèces dès que l'animal consomme de l'ensilage. On voit alors que le nombre de spores augmente et que ces spores appartiennent en quasi-totalité à l'espèce *Clostridium tyrobutyricum*, dangereuse pour la fabrication de l'emmental. Cette concentration élevée (10^5-10^6 spores/g) se maintient tant que dure la consommation d'ensilage et elle diminue dès que l'on arrête la distribution jusqu'à revenir au niveau initial une semaine environ après. On constate donc que ce *Clostridium* ne s'implante pas dans le tube digestif. Néanmoins, bien que le bol fécal ne contienne plus à ce moment de

spores, celles-ci sont encore présentes dans le fumier et la mamelle de l'animal restera contaminée aussi longtemps qu'elle sera en contact avec un environnement pollué par ces spores.

FIGURE 2

Influence de l'introduction d'ensilage dans le régime sur la concentration en spores de C. tyrobutyricum dans le jus de rumen et les fèces



Le nombre de spores dans le lait dépend avant tout du type d'aliment ingéré par la vache, le nombre maximal étant toujours obtenu avec des fourrages ensilés. Suivant la qualité de ces ensilages et aussi suivant les conditions de traite, la contamination du lait peut varier de moins de 200 spores à plus

Gonflement butyrique

de 100.000 spores de *Clostridium* par litre lorsque les ensilages d'herbe, et même de maïs, sont mal préparés et conservés dans de mauvaises conditions (absence de silo, de couverture étanche, chargement avec de la terre, voire même du fumier...). Par contre, lorsque l'alimentation des vaches est essentiellement composée de foin, le nombre de spores dépasse rarement 500 par litre de lait. Mais ces nombres peuvent être plus élevés, en particulier si les vaches reçoivent des aliments fortement souillés par de la terre (foin, betteraves...). Il faut toutefois préciser qu'à contamination égale, de tels laits ne présentent pas les mêmes dangers pour les fromages que des laits d'ensilage. En effet, dans les laits de foin (ou de betteraves) il s'agit d'espèces de *Clostridium* relativement banales, présentant peu de risques pour la fabrication des pâtes cuites, alors que dans les laits d'ensilages l'espèce dominante

TABLEAU VI
INFLUENCE DU TYPE D'ALIMENTATION
SUR LA CONTAMINATION DU LAIT
PAR LES SPORES DE CLOSTRIDIUM

<i>Type d'alimentation</i>	<i>Nombre de Clostridium par :</i>	
	<i>gramme de M.S. de fourrage</i>	<i>litre de lait (*)</i>
Foin	$< 10 - 5 \cdot 10^2$	$< 2,5 \cdot 10^2$ ($< 2 \cdot 10^2 - 5 \cdot 10^2$)
Ensilage herbe A.I.V.	$10^2 - 10^4$	$4,5 \cdot 10^2$ ($2 \cdot 10^2 - 2 \cdot 10^3$)
Ensilage herbe A.I.V.	$10^2 - 10^5$	$1,7 \cdot 10^2$ ($2 \cdot 10^2 - 4,9 \cdot 10^3$)
« Haylage »	$10^2 - 10^3$	$2,0 \cdot 10^2$ ($2 \cdot 10^2 - 3 \cdot 10^2$)
« Haylage »	$10^3 - 10^4$	$5,0 \cdot 10^2$ ($2 \cdot 10^2 - 1,3 \cdot 10^3$)
Ensilage maïs	$10^2 - 10^5$	$1,4 \cdot 10^3$ ($2 \cdot 10^2 - 3,5 \cdot 10^3$)
Divers ensilages courants ..	—	$1,5 \cdot 10^4$ ($4 \cdot 10^3 - 1,5 \cdot 10^5$)

Milieux de numération pour les fourrages : milieu de Rosenberger (1951) ; pour le lait : Trypticase BBL 15 g, extrait de levure Difco 5 g, extrait de viande Oxoid 10 g, lactate de sodium 5 g, acétate de sodium 5 g, chlorhydrate de cystéine 0,5 g, eau distillée 1.000 ml, pH 6,0. Echantillons chauffés dix minutes à 75 °C.

est presque toujours *Clostridium tyrobutyricum*, le responsable du gonflement butyrique.

Lorsque les vaches sont nourries avec des ensilages de bonne qualité bactériologique, le nombre de spores dans le lait varie de moins de 200 à 2.000 par litre dans les plus mauvais cas. Il faut noter la faible différence dans les nombres des spores entre les laits de vaches nourries au foin et ceux de vaches nourries avec un bon ensilage d'herbe A.I.V.

Nous devons aussi souligner le fait qu'il peut ne pas y avoir de corrélation entre la qualité bactériologique de l'ensilage et le nombre de spores dans le lait. Des cas de ce genre sont rencontrés avec les ensilages de maïs : l'analyse ne décèle que des nombres très faibles de spores dans les ensilages (quelques dizaines ou quelques centaines), alors que le lait se trouve fortement contaminé. Dans ces cas, le dénombrement des spores dans les fèces des animaux révèle une multiplication considérable (1.000 à 100.000 fois) dans le tractus digestif que nous ne savons absolument pas maîtriser aujourd'hui.

En définitive, si l'on peut assurer que l'ingestion d'un ensilage riche en spores aura pour conséquence la production d'un lait contenant de nombreuses spores, la réciproque n'est pas vraie ; un ensilage de maïs contenant peu de spores peut donner un lait riche en spores en raison de la multiplication imprévisible et incontrôlable dans le tractus digestif. Ce risque ne doit en aucun cas entraîner la démission de l'éleveur et l'inciter à négliger son ensilage. Bien au contraire, étant prévenu, il devra veiller tout particulièrement à la qualité de son ensilage, à la propreté de son étable et de ses animaux et à l'hygiène de la traite. En effet, la concentration du lait en spores va dépendre, à qualité bactériologique d'ensilage équivalente, de la propreté de l'environnement et de l'hygiène de la traite puisque c'est à ce moment que se produit la contamination. Il s'ensuit que les étables doivent être conçues pour que les vaches ne puissent pas se salir, que les pis doivent être tondus en début d'hiver pour en faciliter le nettoyage. Celui-ci exige l'installation de « douchettes » pour laver et rincer soigneusement les trayons et de chiffons propres et secs pour les essuyer. Dans la pratique, on peut arriver à réduire le nombre de spores d'au moins dix fois (et parfois même cent et mille fois si l'on opère dans des étables initialement très sales), en évitant d'affourager les animaux pendant la traite, en nettoyant la mamelle et en éliminant les premiers jets de lait (tableau VII).

TABLEAU VII
INFLUENCE DES SOINS APPORTÉS A LA TRAITE
SUR LA CONTAMINATION DU LAIT
PAR LES SPORES DE CLOSTRIDIUM

<i>Fourrage ensilé</i>	<i>Nombre de spores par litre de lait (*)</i>	
	<i>Traite normale</i>	<i>Traite améliorée</i>
Herbe A.I.V.	900 (700-1.300)	350 (200- 600)
Herbe A.I.V.	2.400 (800-5.000)	300 (200- 500)
Maïs	3.000 (1.700-5.000)	800 (500-1.300)

Stabulation libre et traite mécanique en salle de traite : conditions normales = bonnes conditions courantes ; conditions améliorées = élimination des bouses par lavage de la mamelle et élimination des premiers jets de lait.

(*) Valeur moyenne et extrêmes ().

IV. — CONDITIONS D'APPARITION DU GONFLEMENT BUTYRIQUE ET POSSIBILITÉ DE PRÉVENTION AU NIVEAU DE LA FABRICATION DU FROMAGE

Le nombre de spores de « butyriques » présentes dans le lait conditionne non seulement la fréquence d'apparition du gonflement butyrique dans les fromages mais aussi son intensité et la rapidité avec laquelle il se manifeste. Ainsi, quand le nombre de spores augmente, le défaut d'abord localisé et limité devient de plus en plus grave, se généralisant dans toute la meule du fromage jusqu'à son éclatement, en même temps que la quantité de fromages qu'il affecte passe de quelques unités à l'ensemble de la fabrication (tableau VIII).

TABLEAU VIII
INFLUENCE DU NOMBRE DE SPORES DANS LE LAIT
SUR LA FRÉQUENCE D'APPARITION
ET L'INTENSITÉ DU GONFLEMENT BUTYRIQUE
DANS DES FROMAGES D'EMMENTAL

<i>Type d'alimentation</i>	<i>Foin</i>	<i>Fourrages ensilés</i>		
Nombre de spores par litre de lait	200	200	200-1.000	(1.000-14.000)
Fromages normaux	17	19	19	1
Gonflement type I	0	2	25	1
Gonflement type II	0	0	5	1
Gonflement type III	0	0	1	10

Expérimentation sur deux années avec le lait de quatre fermes ; animaux nourris soit avec du foin, soit avec de l'herbe ensilée par la méthode A.I.V.

Gonflement type I : moins de cinq cuites par fromage.

Gonflement type II : plus de cinq cuites, ou gonflement localisé à la périphérie du fromage.

Gonflement type III : gonflement généralisé à tout le fromage.

Nous avons vu que le nombre de spores contaminant le lait est fonction des conditions de production, qualité de l'ensilage et propreté de la traite. Ainsi, en n'utilisant que des laits provenant de vaches nourries avec des ensilages de bonne qualité bactériologique et en trayant avec le maximum de précautions, on peut fabriquer des fromages d'Emmental avec des risques de gonflement butyrique réduits et ce d'autant plus que le lait d'ensilage sera dilué dans des laits de foin (BERGERE et coll., 1969 et 1972).

1) Influence d'un traitement du lait.

Puisque le gonflement des fromages est fonction du degré de contamination du lait, on peut penser à traiter ce dernier pour détruire les spores de *Clostridium tyrobutyricum* ou tout au moins réduire leur nombre jusqu'à un niveau ne présentant plus de danger pour la fabrication du fromage.

Les spores de cette bactérie ont une thermorésistance trop élevée pour qu'un chauffage du type pasteurisation les tue ; il faut en effet leur faire subir un séjour de cinq à quinze minutes à 90 °C pour en détruire 90 % (CERF, BERGERE et HERMIER, 1967). Par contre, un traitement thermique du type U.H.T. réalisé dans un appareil à injection directe de vapeur présente une efficacité de destruction supérieure de deux à trois fois à l'efficacité stérilisatrice théorique (CERF et HERMIER, 1973). Dans la pratique, il suffirait de chauffer le lait d'ensilage à 110-115 °C pendant quelques secondes dans un appareil de ce type pour détruire plus de 99 % des spores, c'est-à-dire pouvoir utiliser des laits contenant jusqu'à 10.000 spores/litre. Malheureusement, dans l'état actuel de nos connaissances, un tel traitement est incompatible avec la fabrication des fromages, tout au moins en ce qui concerne les pâtes cuites.

Un autre type de traitement a été préconisé pour traiter le lait d'ensilage : c'est la bactofugation, qui consiste en une centrifugation associée à un chauffage, généralement à une température voisine de la pasteurisation (SIMONART et coll., 1953). Cependant, l'efficacité de ce traitement dans l'élimination des spores de *Clostridium tyrobutyricum* est limitée et étroitement liée à la température de chauffage (BERGERE, 1969). La proportion de spores évacuées dans le sédiment est de 99,5 à 99,9 % à une température de 80 °C et seulement 91,4 à 99,6 % (en moyenne 96 %) à une température de 65 °C,

utilisée couramment pour la thermisation des laits à emmental. Pour ces derniers, elle n'est donc utilisable pour lutter contre le gonflement butyrique que si les laits d'ensilage ne sont pas trop contaminés et possèdent moins de 3.000 spores par litre (BERGERE, LEBARS et VASSAL, 1969, JAGER et GINZINGER W., 1972). En outre, elle pose le problème des pertes en matière première ; en effet, les spores sont éliminées dans un sédiment liquide ou bactofugat représentant en moyenne 1,5 % du volume de lait traité et riche en protéines dont une partie de la caséine. Toutefois, il faut signaler que ce bactofugat peut être stérilisé en continu par injection de vapeur et être réintroduit dans le lait de fabrication pour éviter les pertes de rendement. Enfin, dans le cas de l'emmental, la bactofugation du lait entraîne assez souvent une modification de la texture de la pâte que l'on peut d'ailleurs supprimer en ne traitant qu'une partie du lait entrant en fabrication, par exemple la plus contaminée. Pour les fromages à pâte pressée, la bactofugation peut être utilisée à une température plus élevée, donc avec une meilleure efficacité, sans entraîner de modification de la texture (SIMONART et coll., 1966).

Le traitement du lait à l'eau oxygénée, préconisé par certains, ne détruit pas les spores de *Clostridium tyrobutyricum* mais contribue à rendre les fromages impropres au développement de cette bactérie et peut les protéger contre le gonflement butyrique (PULAY et EGYED, 1968). Ce traitement n'est cependant pas autorisé et influe sur les qualités intrinsèques du fromage.

2) Influence de la technologie du fromage.

Si le nombre de spores de *Clostridium tyrobutyricum* initialement présentes dans le lait est facteur prépondérant d'apparition du gonflement butyrique, il n'en reste pas moins que les conditions qui règnent dans le fromage jouent également un rôle, au moins dans les cas où la contamination du lait n'est pas trop élevée (tableau IX). La différence de sensibilité de divers fromages en est une preuve. Pour un type de fromage donné, par exemple l'emmental, un certain nombre de facteurs peuvent exercer une influence sur le gonflement butyrique. Une bonne acidification sous presse aboutissant à un pH suffisamment bas (5,0-5,2 après vingt-quatre heures) et un bon égouttage du fromage sont des points importants. Cela suppose d'ailleurs l'utilisation de levains judicieusement choisis et convenablement préparés. De même, la concentration en sel (ClNa) à l'intérieur du fromage joue un rôle dans

l'apparition du défaut : si le sel n'est pas capable de l'inhiber complètement, il en ralentit le développement et en ralentit les effets.

TABLEAU IX
INFLUENCE DE FACTEURS
LIÉS A LA TECHNOLOGIE DES FROMAGES D'EMMENTAL
SUR L'APPARITION DU GONFLEMENT BUTYRIQUE

	<i>Fabrication A</i>	<i>Fabrication B</i>
Concentration de NaCl (% de l'extrait sec du fromage) :		
Centre	0,44 (0,21 à 0,69)	0,74 (0,47 à 1,02)
Périphérie	1,52 (1,00 à 1,75)	2,46 (2,20 à 3,00)
Fromages normaux :	11	22
Gonflement type I	11	7
Gonflement type II	7	0

Herbe ensilée par la méthode A.I.V., bonne qualité bactériologique ; nombre de spores : 200 à 1.300 par litre de lait. La fabrication type B différait de la fabrication type A par la température de sortie du caillé : 49 °C au lieu de 54 °C et par un salage plus accentué : 95 heures au lieu de 48 heures en saumure avec en plus un salage en cours d'affinage. Le pH à 24 heures était sensiblement le même pour les deux types de fromage : 5,10-5,20. Aucun des fromages ne présentait de gonflement généralisé du type III (pour le type de gonflement, voir la légende du tableau VIII).

De nombreuses tentatives ont été effectuées dans le but d'empêcher le développement de *Clostridium tyrobutyricum* dans les fromages par addition de composés inhibiteurs tels que des sels oxydants (GALESLOOT, 1960) ou un antibiotique non médical, la nisine (HIRSCH et coll., 1951). Parmi les composés chimiques, le plus efficace est certainement le nitrate de potassium qui agit par l'intermédiaire du nitrite formé au cours de la fabrication et de l'affinage (GALESLOOT, 1964) ; des quantités très faibles de nitrite suffisent à inhiber la croissance de *Clostridium tyrobutyricum* (BERGERE et HERMIER, 1970) et les doses de nitrate efficaces en fromagerie pour prévenir le gonflement butyrique dans les pâtes pressées telles que gouda et édám (BALESLOOT, 1964) et même dans l'emmental (PULAY, CSOK et EGYED, 1968) varient entre 2 et 20 g pour 100 litres de lait.

En France, comme dans beaucoup d'autres pays, l'utilisation des nitrates en fromagerie n'est pas autorisée mais a été tolérée jusqu'à maintenant et c'est sûrement grâce à son emploi que l'ensilage ne pose pas trop de problèmes dans le cas des pâtes pressées. Toutefois, l'utilisation du nitrate est actuellement remise en question à l'échelon international en raison des risques de formation de nitrosamines toxiques.

La nisine, dont l'emploi est autorisé en France, est utilisée avec succès dans la fabrication des fromages fondus sous forme de préparation commerciale ou par apport de levains de souches productrices de cet antibiotique. Par contre, elle n'est pas employée actuellement dans la fabrication des fromages parce qu'on ne dispose pas de souches nisino-résistantes, ni de bactéries lactiques susceptibles de composer des levains satisfaisants, ni de bactéries propioniques pour l'ouverture des pâtes cuites. D'autre part, dans les fromages et surtout dans les pâtes cuites, la nisine perd très souvent son activité antibiotique sous l'action d'une enzyme bactérienne, la nisinase, ce qui rend son efficacité contre le gonflement butyrique très aléatoire.

*

**

En conclusion, plusieurs remarques doivent être faites sur les possibilités d'empêcher le gonflement en agissant sur la technologie du fromage :

— Chacun des facteurs (pH, concentration en sel, etc.) susceptibles de limiter la croissance de *Clostridium tyrobutyricum* dans le fromage n'est en général pas suffisant pour empêcher complètement le défaut d'apparaître. En revanche, l'association de tous ces facteurs contribue à rendre le fromage impropre à la prolifération de cette bactérie et peut permettre d'éviter les gonflements (GALESLOOT, 1964), à la condition toutefois que la contamination du lait par les spores ne soit pas trop élevée.

— Il est beaucoup plus difficile d'intervenir dans la fabrication des fromages à pâte cuite comme l'emmental et le comté que dans celle des pâtes pressées, car leur technologie est plus complexe et surtout parce qu'il faut empêcher la fermentation butyrique sans pour cela contrarier la fermentation propionique.

— Enfin, les possibilités de prévention du gonflement butyrique doivent être guidées non seulement par le souci de conserver la qualité intrinsèque du fromage, mais aussi par celui de sauvegarder ses qualités hygiéniques, ce qui limite forcément l'utilisation des additifs.

CONCLUSION

La pratique de l'ensilage dans des zones, traditionnelles ou non, de fabrication de gruyère nécessite avant toute chose une information complète et une éducation des éleveurs sur les risques que l'ensilage peut avoir sur la technologie fromagère et sur les mesures à prendre pour les limiter au mieux. Ceci implique l'établissement de règles strictes, la formation de techniciens qualifiés susceptibles de conseiller les producteurs aussi bien sur le choix des silos que sur la technologie des ensilages, l'hygiène des locaux et de la traite. Parallèlement, une technologie améliorée de la part des transformateurs, en diluant par exemple les laits d'ensilage, en éliminant certains laits de la fabrication, en contrôlant l'acidification rapide des levains, peut-être en bactofugeant pour diminuer le nombre de spores, peut aussi limiter les risques d'accidents.

En conclusion, il nous paraît encore trop risqué d'autoriser la distribution d'ensilages aux vaches dont le lait est destiné à la fabrication de gruyère partout où les structures de formation des éleveurs et de transformation du lait ne sont pas suffisantes pour produire ou trier les laits renfermant peu de spores de *Clostridium tyrobutyricum* et pour utiliser une technologie fromagère avancée. Néanmoins, il est parfaitement possible d'élever des animaux de boucherie avec des ensilages dans les zones de fabrication de gruyère. Les risques sont, dans ce cas, extrêmement réduits voire nuls si les ensilages sont de bonne qualité et si les animaux à viande sont séparés des laitières. Là encore, l'initiation des éleveurs sera à la base du progrès ; de la rentabilité des décisions et de la qualité des règlements établis par les responsables agricoles régionaux dépendra, soit un développement anarchique d'ensilages de mauvaise qualité, soit une implantation contrôlée de silos et l'adoption de techniques efficaces qui aboutiront à un aliment possédant toutes les qualités nutritives et hygiéniques souhaitées.

Ph. GOUET,

*Laboratoire de Microbiologie,
I.N.R.A. - C.R.Z.V., Theix, 63110 Beaumont.*

J.-L. BERGERE,

*Laboratoire de Biochimie microbienne,
I.N.R.A. - C.N.R.Z., 78350 Jouy-en-Josas.*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- AIKKINEN I. (1955) : *Act. Agral Fen.* 83, 88.
- BERGERE J.-L. (1969) : *Le Lait*, XLIX, 507-519.
- BERGERE J.-L., LEBARS D. et VASSAL L. (1969) : *Revue Lait. Française* 267, 463.
- BERGERE J.-L. et coll. (1969) : *B.T.I.* 239, 357-394.
- BERGERE J.-L. et HERMIER J. (1970) : *J. Appl. bact.* 33, 167-179.
- BERGERE J.-L. et coll. (1972), *B.T.I.* 266, 29-58.
- CERF O., BERGERE J.-L. et HERMIER J. (1967) : *J. Dairy res.* 34, 221-230.
- CERF O. et HERMIER J. (1973) : *Le Lait* 53, 521-522, 23-39.
- GALESLOOT Th. E. (1960) : *Neth Milk Dairy J.* 14, 176.
- GALESLOOT Th. E. (1964) : *Neth. Milk Dairy J.* 18, 128.
- GOUET Ph. (1970) : *Journées de l'I.T.C.F., Paris*, 79-90.
- HIRSCH A., GRINSTED E., CHAPMAN H.-R. et MATTICK A.T.R. (1951).
- JAGER H. et GINZINGER W. (1972) : *Milch Berichte* 31, 104.
- PULAY G., CSOK J. et EGYED I. (1968) : *Tejipar* 17, 1-7.
- PULAY G. et EGYED I. (1968) : *Tejipar* 17, 25-31.
- SIMONART P. et DEBEER G. (1953) : *Neth Milk Dairy J.* 7, 117.
- SIMONART P., POFTE R., WECKX M. et VAN RENSEL A. (1966) : *XVII^e Cong. Int. Laiterie D.*, 21.
- VIRTANEN A.I. (1936) : *Bull. mensuel rens. techniques*, Rome, Inst. Intern. Agric., 10, 394.