L'INFLUENCE DE L'EMPLOI DU LAIT CONCENTRÉ SUR CERTAINES CARACTÉRISTIQUES DES FABRICATIONS FROMAGÈRES

(fin) (1)

par

Colette TOURNEUR, DO NGOC CU, J. LENOIR
et R. VEISSEYRE

*Laboratoire de Technologie
Ecole nationale supérieure agronomique de Grignon*

C) Bilans de fabrication.

Trois séries de fabrications comportant chacune une fabrication-témoin, au lait pasteurisé, et une fabrication-essai, à partir de lait concentré, ont été réalisées en laboratoire. Pour chaque fabrication les poids de lait mis en œuvre, voisin de 10 kg, ont permis l'obtention de cinq caillés et les sérums d'égouttage ont été recueillis.

Les laits mis en fabrication, les caillés et les sérums obtenus, ont été analysés. Chaque détermination a été effectuée en double, et en ce qui concerne les pâtes, les prises d'essai ont été extraites du mélange des cinq caillés. Les résultats de ces analyses sont groupés dans le tableau V.

Avant de discuter ces résultats il convient de faire deux remarques :

— Les poids de lait mis en œuvre et les poids de caillé ont été déterminés par pesée, ceux de sérum ont été calculés par différence. Une récolte quantitative du lactosérum est en effet très difficile. Les moules, les toiles, les planches d'égouttage en retiennent toujours une partie notable ; en outre l'égouttage complet du caillé exige environ 20 heures et, dans ces conditions, les pertes par évaporation sont appréciables.

— Les sérums analysés ont toujours été prélevés peu de temps après moulage. A ce moment la majeure partie du sérum est exsudée et l'évaporation d'eau peut être considérée comme négligeable.

Par leurs caractères analytiques les caillés témoin et essai de ces trois fabrications sont comparables aux pâtes correspondantes des fabrications industrielles précédemment étudiées. On relève notamment que les caillés obtenus à partir de lait concentré pré-

(1) Première partie : *Le Lait*, 1967, 47, 383-392.

TABLEAU V

COMPOSITION DES LAITS, DES CAILLÉS ET DES SÉRUMS DES FABRICATIONS DE LABORATOIRE

	<i>Fabrication A</i>						<i>Fabrication B</i>						<i>Fabrication C</i>					
	<i>Témoin</i>			<i>Essai</i>			<i>Témoin</i>			<i>Essai</i>			<i>Témoin</i>			<i>Essai</i>		
	<i>Lait</i>	<i>From.</i>	<i>Sér.</i>	<i>L</i>	<i>F</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	<i>F</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	<i>F</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	<i>F</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	<i>F</i>	<i>S</i>
Matière sèche (g p. kg)	116,3	408,0	65,5	130,0	394,0	70,5	118,7	378,0	65,7	129,0	384,0	71,0	110,2	372,0	62,2	118,2	374,0	66,6
Matière grasse (g p. kg)	30,7	192,0	0,8	37,1	188,0	1,0	33,6	211,0	1,5	36,8	209,0	1,2	29,5	202,0	1,5	31,6	195,0	1,9
Matière sèche non grasse (g p. kg)	85,6	216,0	64,7	92,9	206,0	69,5	85,1	167,0	64,2	92,2	175,0	69,8	80,7	170,0	60,7	86,6	179,0	64,7
Lactose-acide lactique (g p. kg)	45,8	23,0	—	49,3	28,3	—	44,2	25,4	—	50,2	28,5	—	41,9	27,5	—	44,6	29,1	—
Matières minérales (g p. kg)	7,0	12,8	5,9	8,0	14,8	6,2	7,35	11,9	5,6	8,25	13,75	6,1	7,25	10,8	6,2	8,00	11,8	6,9
Calcium total (g p. kg)	1,22	3,30	—	1,36	4,0	—	1,185	3,06	—	1,32	3,48	—	1,08	2,75	—	1,22	3,00	—
P inorganique (g p. kg)	0,675	1,31	—	0,71	1,46	—	0,595	1,15	—	0,72	1,275	—	0,57	1,10	—	0,59	1,17	—
M. azotées totales N X 6,4 (g p. kg)	32,65	174,6	9,35	35,6	149,9	10,1	31,50	145,0	9,22	34,05	145,6	9,85	29,55	147,2	9,10	31,95	142,1	9,6
M. protéiques N X 6,4 (g p. kg)	30,9	169,5	7,25	33,65	145,5	7,7	29,60	139,1	6,72	32,05	139,3	6,7	27,75	142,7	6,70	30,15	136,1	6,85

sentent des teneurs en cendres, en calcium, en phosphore inorganique plus élevées que celles des caillés témoin. Cependant d'un essai à l'autre des différences appréciables sont observées dans l'augmentation du degré de minéralisation. Ces différences résultent essentiellement des conditions de fabrication, et plus particulièrement de l'acidité initiale du lait et de l'acidification des sérums, qui, comme le montre le tableau VI, ne sont pas rigoureusement identiques.

A partir des résultats du tableau V les bilans de fabrication ont été établis, ils sont reproduits dans le tableau VII. Leur examen fait apparaître une certaine marge d'approximation. On constate en effet qu'il n'y a pas toujours concordance parfaite entre le poids d'un constituant mis en fabrication et ceux retrouvés dans le caillé et le lactosérum. Cette distorsion des résultats est plus ou moins grande selon les essais et selon le constituant ou le groupe de constituants envisagé.

Ainsi, dans les fabrications *B* et *C* le poids de matière grasse des caillés est supérieur au poids de la matière grasse présente dans le lait; dans la fabrication *A* on observe au contraire un déficit notable de la matière grasse des caillés et des sérums par rapport à la matière grasse des laits mis en œuvre.

TABLEAU VI

CARACTÉRISTIQUES DES FABRICATIONS DE LABORATOIRE

	Fabrication A		Fabrication B		Fabrication C	
	Témoin	Essai	Témoin	Essai	Témoin	Essai
<i>Laits mis en fabrication</i>						
Rapports des richesses en :						
— Matière sèche	1,117		1,086		1,072	
— Matière sèche dégraissée...	1,085		1,083		1,073	
Acidité titrable (° Dornic)	20,5	23	21	24	24	27,5
<i>Coagulation-égouttage</i>						
Temps de prise (mn)	4.30	4.15	5.00	4.00	3.30	2.30
Temps de tranchage (mn)	20	15	20	15	20	15
Temps de moulage (mn).....	85	80	80	75	75	70
<i>Acidification du lactosérum</i>						
Acidité au tranchage	—	—	14.5	15	19	19
Acidité au moulage	—	20	17	19	20.5	21
Acidité après 2 h 30	—	43	29	35	27	30
Acidité après 3 h 30	75	66	42	51	33	45
Acidité après 6 h	—	90	67	69	48	65

TABLEAU VII

BILAN DES FABRICATIONS DE LABORATOIRE
(Poids des constituants exprimés en grammes)

	Fabrication A						Fabrication B						Fabrication C					
	Témoin			Essai			Témoin			Essai			Témoin			Essai		
	L	F	S	L	F	S	L	F	S	L	F	S	L	F	S	L	F	S
Poids total (kg)	10,57	1,500	9,070	9,300	1,693	7,607	10,090	1,668	8,422	7,460	1,368	6,092	10,160	1,553	8,607	8,940	1,485	7,455
Matière sèche	1229,3	612,4	594,1	1209,0	667,0	536,3	1197,7	630,5	553,3	962,3	525,3	432,5	1119,6	577,7	535,3	1056,7	555,4	496,5
Matière grasse	324,5	288,2	7,3	345,0	318,3	7,6	339,0	351,9	12,6	274,5	285,9	7,3	299,7	313,7	12,9	282,5	289,6	14,2
Matière sèche non grasse	904,8	324,2	586,8	864,0	348,7	528,7	858,7	278,6	540,7	687,8	239,4	425,2	819,9	264,0	522,4	774,2	265,8	482,3
Matières minérales	74,0	19,2	53,5	74,4	25,05	47,2	74,2	19,85	47,2	61,5	18,8	37,2	73,7	16,8	53,4	71,5	17,5	51,4
Calcium	12,9	4,95	—	12,65	6,75	—	11,95	5,10	—	9,85	4,75	—	10,95	4,25	—	10,90	4,45	—
P inorganique	7,1	1,95	—	6,60	2,45	—	6,00	1,90	—	5,35	1,75	—	5,80	1,70	—	5,25	1,75	—
Lactose et acide lactique	484,1	34,5	—	458,4	47,9	—	446,0	42,4	—	374,5	39,0	—	425,7	42,7	—	398,7	43,2	—
Matières azotées	345,1	261,9	84,8	330,3	253,8	76,8	317,8	241,9	77,6	254,0	199,2	60,0	300,2	228,6	78,3	285,6	211,0	71,6
Matières protéiques	326,6	254,4	65,7	312,9	246,3	58,6	298,7	232	56,6	239,1	190,6	40,8	281,9	221,6	57,7	269,5	202,1	51,1

Les écarts observés dans les bilans matière sèche sont relativement faibles (de l'ordre de 0,5 p. 100 dans quatre essais, de 1 p. 100 dans un autre et 1,8 p. 100 dans la fabrication témoin *A*). La même constatation peut être faite sur les bilans matières azotées (écarts inférieurs ou égaux à 0,5 p. 100 dans trois essais, proche de 1 p. 100 dans un essai, légèrement supérieurs à 2 p. 100 dans deux essais). Par contre, dans les bilans matières minérales, on relève des écarts nettement plus importants; ceux-ci sont presque tous supérieurs à 2 p. 100 et ils atteignent même près de 10 p. 100 dans les deux essais de la fabrication *B*.

Les erreurs d'analyse et l'imprécision des méthodes de détermination peuvent expliquer les écarts constatés dans les bilans matière grasse, matière sèche et matières azotées, mais en ce qui concerne les bilans matières minérales, ces causes d'erreurs ne sont sans doute pas incriminables. Il est beaucoup plus probable que l'écart observé est dû à la plus ou moins grande représentativité des prises d'essai. Le sérum est en effet prélevé avant la fin de l'égouttage pour les raisons notées précédemment. Or, du fait de l'acidification, le caillé se déminéralise progressivement, les éléments minéraux ne se trouvent donc pas en totalité dans le sérum soumis à l'examen et le déficit cendres du fromage + cendres du sérum par rapport aux cendres du lait doit être d'autant plus grand que le sérum est prélevé plus tôt après moulage.

Les rendements en caillé, exprimés en pourcentages de l'équivalent-lait mis en fabrication, sont groupés dans le tableau VIII. Trois modes de calcul ont été adoptés. Le premier (a) fait intervenir les résultats de l'analyse des caillés avec cette réserve cependant que les bilans en matière grasse, et par suite en matière sèche dégraissée, sont trop peu satisfaisants pour qu'ils puissent être pris en considération; pour le calcul des rendements en matière sèche dégraissée (a) le poids de matière sèche dégraissée des caillés qui a été retenu résulte du calcul suivant: $MSD \text{ du caillé} = MS \text{ totale du caillé} - (MG \text{ totale du lait} - MG \text{ totale du sérum})$. Le mode de calcul (b), utilisé pour les rendements en matière sèche, matière sèche dégraissée et matières azotées, fait intervenir le résultat de l'analyse des sérums: la matière sèche totale des caillés par exemple est calculée par différence Matière sèche totale du lait — Matière sèche totale du sérum.

Ces résultats (a) et (b) ne tiennent pas compte des différences éventuelles de teneur en eau des caillés des fabrications essai et témoin. Le calcul selon (c) est effectué sur les mêmes bases que (b) mais avec une correction qui « normalise » à 40 p. 100 les teneurs en matière sèche des caillés.

Soient *P* le poids total du caillé obtenu dans la fabrication, *A* le poids de la matière sèche totale correspondante.

TABLEAU VIII

RENDEMENTS DES FABRICATIONS (EXPRIMÉS EN POURCENTAGE DES ÉQUIVALENTS-LAIT)

		Fabrication A			Fabrication B			Fabrication C		
		Témoin	Essai	Augmen- tation de rendement	Témoin	Essai	Augmen- tation de rendement	Témoin	Essai	Augmen- tation de rendement
Matière sèche	(a) (1)	49,8	55,1	5,3	52,6	54,5	1,9	51,6	52,5	0,9
	(b) (1)	51,55	55,65	4,0	53,8	55,0	1,2	52,1	53,0	0,9
	(c) (1)	52,2	55,5	3,3	53,4	54,6	1,2	51,6	52,4	0,8
Matière sèche dégraissée	(a)	32,6	38,1	5,5	35,4	37,5	2,1	35,5	37,1	1,6
	(b)	35,1	38,8	3,7	37,0	38,2	1,2	36,3	37,7	1,4
	(c)	35,9	38,7	2,8	36,5	37,65	1,15	35,5	36,85	1,35
Matières minérales	(a)	25,9	33,7	7,8	26,75	30,55	3,8	22,8	24,5	1,7
	(c)	26,9	33,6	6,7	26,2	29,9	3,7	21,8	23,5	1,7
Calcium	(a)	38,4	53,4	15,0	42,7	48,2	5,5	38,8	40,8	2,0
P inorganique	(a)	27,5	37,1	9,6	31,7	32,7	1,0	29,3	33,3	4,0
Lactose (et ac. lactique)	(a)	7,1	10,4	3,3	9,5	10,4	0,9	10,0	10,8	0,8
Matières azotées	(a)	75,9	76,8	0,9	76,1	78,4	2,3	76,1	73,9	—2,2
	(b)	75,4	76,7	1,3	75,6	76,4	0,8	73,9	74,9	1,0
	(c)	75,7	76,7	1,0	75,4	76,2	0,8	73,6	74,6	1,0

(1) Les rendements (a) sont calculés à partir des résultats analytiques des caillés (exemple : rendement en matière sèche = $\frac{\text{Matière sèche totale des caillés}}{\text{Matière sèche totale du lait}} \times 100$); toutefois, pour le calcul des rendements en matière sèche dégraissée le chiffre retenu pour les caillés a été obtenu par différence M. S. total des caillés — (Matière grasse totale du lait — Matière grasse totale du sérum).

Les rendements (b) ont été calculés sur la base $\frac{\text{lait} - \text{sérum}}{\text{lait}} \times 100$

A l'exception des rendements en matières minérales, les rendements (c) sont également calculés à partir des résultats des analyses de lait et de sérum mais toutes les fabrications sont supposées présenter une teneur en matière sèche de 40 p. 100.

Si le taux de matière sèche du caillé est 40 p. 100, l'on a $\frac{A}{P} = 0,4$. Lorsque $\frac{A}{P}$ est différent de 0,4 l'on peut écrire :

$$\frac{A + y}{P + x} = 0,40$$

Dans cette relation x est le poids de sérum à ajouter (ou à retrancher) au caillé frais pour amener son taux de matière sèche à 40 p. 100, y est le poids de matière sèche correspondant à x g de sérum.

Si le taux en matière sèche de 1 000 g de sérum est « a » l'on a la relation :

$$y = ax/1\ 000$$

La valeur de y , positive ou négative, permet de corriger A . La valeur de x et la composition du lactosérum permettent de corriger les teneurs des divers autres constituants ou groupes de constituants du caillé.

L'examen du tableau VIII permet de faire les constatations suivantes :

Les différences entre les résultats des modes d'expression des rendements (a) et (b) traduisent l'incidence des écarts observés dans les bilans : lait mis en fabrication et caillé + sérum. Ces différences sont, dans certains cas, importantes et on notera qu'un écart de 1 p. 100 dans un bilan se concrétise finalement par une différence de un point dans les résultats du rendement correspondant. Il convient donc de souligner les difficultés d'établir avec précision les rendements des fabrications fromagères et de n'attribuer aux chiffres obtenus qu'une valeur indicatrice.

Les différences entre les résultats des modes d'expression du « rendement maigre » (b) et (c) traduisent l'incidence des variations de teneur en eau des caillés. On notera que ce facteur n'est pas négligeable et, comme le signalaient récemment Maubois et Mocquot [7] il convient d'en tenir compte pour toute comparaison de rendements entre fabrications.

Ces réserves faites, on observe, pour chacune des trois fabrications, une augmentation de rendement en matière sèche et en matière sèche dégraissée dans les caillés obtenus à partir de lait concentré. Ces augmentations sont cependant différentes d'une fabrication à l'autre. Ainsi, les augmentations de « rendement maigre », calculé selon (c), varient dans un rapport supérieur à 1/2. De telles variations s'expliquent vraisemblablement en grande partie par certaines caractéristiques de fabrication telles l'acidité du lait à l'emprésurage, la vitesse d'acidification des lactosérums au cours de l'égouttage, la richesse en matière sèche dégraissée des laits mis en œuvre qui ne sont pas exactement concordantes. Il faut d'ailleurs observer qu'il est extrêmement difficile de reproduire fidèlement, d'un essai à l'autre, les mêmes conditions de fabrication.

Or, l'on sait que celles-ci influent sur le degré de minéralisation des caillés et par suite sur le « rendement maigre ».

Ces essais n'ont cependant pas pour objectif de démontrer que la fabrication de fromage à partir de lait concentré permet d'obtenir un rendement en matière sèche ou en matière sèche dégraissée plus élevé que la fabrication à partir du même lait non concentré. Ce fait, déjà mis clairement en évidence [2], n'est pas contesté. Il reste cependant que l'origine de l'augmentation du « rendement maigre » n'est pas entièrement expliquée. Stenne [1] l'attribue à une meilleure rétention des fines particules de caséine, Maubois et al. [6] observent que la mise en œuvre d'un lait plus concentré que le lait normal et la moindre déminéralisation des pâtes sont vraisemblablement les deux sources principales de l'augmentation de rendement. Par l'établissement des bilans notre but est de contribuer à la recherche de l'origine, ou des diverses origines, de l'augmentation.

Une part de l'augmentation du « rendement maigre » est effectivement due au fait que les laits mis en œuvre dans la fabrication essai et la fabrication témoin n'ont pas la même richesse en matière sèche ; le lait concentré, après dilution, présente dans nos trois fabrications une teneur en matière sèche supérieure à celle du lait pasteurisé. Le sérum des fabrications au lait concentré est lui aussi plus riche en matière sèche que celui des fabrications-témoin ; or, les caillés retiennent une partie des sérums et les différences de richesse de ceux-ci se traduisent par des différences de rendement.

L'augmentation de rendement due à la différence des concentrations des lactosérums peut être calculée [6]. Prenons le cas de la fabrication A en nous fondant sur les résultats des analyses du lait et du sérum et en admettant que les caillés présentent une teneur en matière sèche de 40 p. 100.

Le calcul indique que le caillé témoin contient 16,4 g de protéines soit 8,2 g d'eau liée pour 100 g de pâte. L'eau libre représente donc 51,8 g pour 100 g de caillé. Comme 1 000 g de lactosérum contiennent 934,5 g d'eau et 64,7 g de matière sèche dégraissée il résulte qu'aux 51,8 g d'eau libre du caillé correspondent 3,6 g de matière sèche dégraissée du lactosérum. Le poids total de la matière sèche dégraissée du lactosérum retenu dans le caillé est donc
$$\frac{3,6 \times 1\ 605}{100} = 57,8$$

(1 605 g étant le poids total du caillé à 40 p. 100 de matière sèche) ; les 57,8 g représentent 6,4 p. 100 de la matière sèche dégraissée du lait.

Un calcul analogue, appliqué au caillé de la fabrication essai, donne un poids de matière sèche dégraissée de lactosérum retenu correspondant à 7,6 p. 100 de la matière sèche dégraissée du lait.

Pour cette fabrication A, la part de la différence des concentrations des lactosérums dans l'accroissement du « rendement maigre »

est donc de 1,2, soit environ 45 p. 100 de l'augmentation calculée selon (c) ; pour la fabrication *B*, elle est de 0,80, soit près de 70 p. 100 de l'augmentation de rendement ; pour la fabrication *C*, elle est de 0,6 soit près de 45 p. 100 de l'augmentation de rendement.

Sur la base de ces résultats il apparaît qu'une proportion notable de l'augmentation du « rendement maigre » serait due à une meilleure rétention de certains constituants non gras du lait dans les pâtes fabriquées à partir de lait concentré.

L'examen du tableau VIII indique clairement que les éléments minéraux contribuent à cette augmentation. Pour déterminer la part qui leur revient il convient cependant de corriger les résultats obtenus de la proportion des constituants appartenant au lactosérum qui imprègne le caillé.

Les modalités de calcul sont identiques aux précédentes. Les teneurs en matières minérales et en calcium du lactosérum qui ont été retenues pour ce calcul ont été déterminées par la différence : éléments minéraux du lait — éléments minéraux du caillé. Le sérum analysé, prélevé avant la fin de l'égouttage, est en effet un peu moins minéralisé que le sérum total.

Les résultats de ces calculs figurent dans le tableau IX. Ils permettent de constater que les caillés provenant de lait concentré sont réellement plus minéralisés que les caillés témoin et que la meilleure rétention des éléments minéraux représente environ 20 p. 100 de l'augmentation de « rendement maigre » dans la fabrication *A*, 30 p. 100 dans la fabrication *B*, 10 p. 100 dans la fabrication *C*.

Au vu de ces résultats, fondés sur l'estimation minimum de l'augmentation de rendement, il apparaît que les deux facteurs, plus grande concentration du lactosérum et meilleure rétention des éléments minéraux dans les pâtes fabriquées à partir de lait concentré, ne permettent pas de rendre compte de la totalité de l'augmentation de « rendement maigre ». La fabrication *B* paraît toutefois sur ce point se distinguer des deux autres, mais l'on notera (tableau VIII) que sur cette fabrication l'augmentation de rendement calculée sur la base de l'analyse des sérums (b) est près de deux fois plus faible que celle estimée à partir de l'analyse des caillés (a).

Faut-il donc penser qu'une fraction de l'augmentation de rendement serait due aux constituants non gras du caillé autres que les matières minérales ? Le calcul montre que le lactose, abstraction faite de l'effet de la concentration des sérums, ne paraît pas intervenir. Il semble alors a priori que seules les matières azotées, qui représentent près de 80 p. 100 de la matière sèche dégraissée des caillés, pourraient en être responsables.

Les résultats des bilans azotés des trois fabrications ne permettent pas d'infirmer ou de confirmer cette hypothèse. Les écarts

TABLEAU IX
ORIGINE DES AUGMENTATIONS DE RENDEMENT

	Fabrication A			Fabrication B			Fabrication C		
	Témoin	Essai	Augmen- tation de rendement maigre	Témoin	Essai	Augmen- tation de rendement maigre	Témoin	Essai	Augmen- tation de rendement maigre
Rendement « maigre » p. 100 (1)	35,9	38,7	2,8	36,5	37,65	1,15	35,5	36,85	1,35
<i>Part du lactosérum retenu</i>									
M. S. D. du sérum p. 100									
M.S.D. du caillé	17,8	19,7		18,3	20,0		16,7	17,6	
M. S. D. du sérum p. 100									
M. S. D. du lait	6,4	7,6	1,2 (45%)	6,70	7,50	0,8 (70%)	5,9	6,50	0,6 (45%)
<i>Part des constituants non gras du caillé (par différence)</i>									
p. 100 M.S.D. caillé	82,2	80,3		81,7	80,0		83,3	82,4	
p. 100 M.S.D. lait	29,5	31,1	1,6	29,8	30,15	0,35	29,6	30,35	0,75
<i>Eléments minéraux du caillé</i>									
Cendres p. 100 cendres lait	19,6	25,2		18,3	21,4		14,6	15,7	
p. 100 M.S.D. caillé	4,5	5,6		4,3	5,1		3,7	3,9	
p. 100 M.S.D. lait	1,60	2,18	0,58 (20%)	1,59	1,92	0,33 (30%)	1,32	1,45	0,13 (10%)
Calcium p. 100 Ca lait	33	47,7		36,1	41,6		32,4	33,8	
(PO ₄) ₂ Ca ₃ p. 100 M.S.D. caillé	3,45	4,35		3,5	4,03		3,08	3,26	
— p. 100 M.S.D. lait	1,21	1,79	0,58	1,29	1,53	0,24	1,12	1,22	0,10

(1) Rendement calculé sur la base de fabrications à 40 p. 100 de matière sèche totale.

constatés entre les matières azotées du lait et la somme matières azotées du caillé, matières azotées du sérum se traduisent en effet par des différences dans l'augmentation de rendement qui sont de l'ordre de grandeur de celles que l'on cherche à expliquer.

Si l'on se réfère aux caractères analytiques des caillés de fabrication industrielle (tableau II) et aux teneurs en matières azotées des sérums de fabrication de laboratoire (tableau V) la dénaturation des protéines solubles ne semble pas être à l'origine de l'augmentation du « rendement maigre ». L'hypothèse d'une meilleure rétention des poussières de caillé dans les pâtes provenant de lait concentré [1] mérite donc d'être retenue. Cette hypothèse apparaît d'autant plus vraisemblable que les augmentations de rendement constatées sont toujours plus élevées quand la comparaison porte sur des fabrications industrielles que lorsqu'elle met en jeu des microfabrications [3]. On peut en effet admettre que les précautions prises, dans ce type d'essais, pour la séparation des sérums limitent assez sensiblement les « pertes mécaniques » de coagulum et tendent ainsi à estomper les différences de comportement des caillés au moment de l'égouttage.

Afin de préciser la part réelle des matières azotées et mettre éventuellement en évidence l'intervention de la caséine dans l'augmentation du rendement maigre nous avons réalisé trois séries de fabrications complémentaires.

Les conditions de fabrication furent identiques à celles adoptées précédemment mais les quantités de lait mises en œuvre plus faibles (1 à 2 kg). Les déterminations analytiques effectuées sur les laits, les lactosérums et les caillés ont été réalisées en triple (matière sèche, matière grasse, cendres) ou en quadruple (matières azotées) afin de tenter d'obtenir une meilleure approximation. En outre, pour chacun de ces essais, les sérums préserve témoins ont été préparés et leur teneur en matières azotées a été également déterminée par analyse en quadruple ; sur les lactosérums de fabrication, des essais de dosage de caséine ont été effectués par séparation des particules de caillé et par acidification à pH 4,6.

La composition des laits, des caillés et des sérums de ces trois fabrications est donnée dans le tableau X et les bilans correspondants figurent dans le tableau XI. Une première remarque s'impose. Malgré les précautions apportées à la réalisation des dosages, notamment la multiplication des prises d'essai et des analyses, les résultats des bilans ne sont pas plus satisfaisants que ceux obtenus dans les fabrications *A*, *B* et *C* et par suite les rendements en caillé (tableau XII) ne peuvent être établis avec plus de rigueur. L'incertitude concernant l'origine des augmentations de rendement, et notamment la participation des matières azotées à ces augmentations, n'est donc pas levée à la suite de ces nouveaux essais de fabrication.

TABLEAU X

COMPOSITION DES LAITS, DES SÉRUMS ET DES CAILLÉS DES FABRICATIONS COMPLÉMENTAIRES

	<i>Fabrication D</i>						<i>Fabrication E</i>						<i>Fabrication F</i>					
	<i>Témoin</i>			<i>Essai</i>			<i>Témoin</i>			<i>Essai</i>			<i>Témoin</i>			<i>Essai</i>		
	<i>L</i>	<i>F</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	<i>F</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	<i>F</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	<i>F</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	<i>F</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	<i>F</i>	<i>S</i>
Matière sèche (g par kg)	117,8	432,5	67,3	153,6	450,4	86,5	120,7	426,0	68,3	135,5	404,4	75,7	112,1	415,2	67,1	117,9	429,5	68,9
Matière grasse (g par kg)	33,7	248,7	1,5	45,6	233,7	1,0	35,8	215,6	2,0	39,5	199,2	1,4	26,9	188,8	1,2	28,9	186,1	0,9
Matière sèche dégraissée (g par kg)	84,1	183,8	65,8	108,0	216,7	85,5	84,9	210,4	66,3	96,0	205,2	74,3	85,2	226,4	65,9	89,0	243,4	68,0
Matières minérales (g par kg)	7,1	16,4	5,7	9,5	17,7	7,2	7,05	15,8	5,70	7,9	15,0	6,35	7,2	16,9	5,9	7,55	17,1	6,2
Matières azotées (g par kg)	30,55	178,0	8,45	39,95	166,5	11,0	31,4	172,8	9,0	35,6	156,5	9,7	31,0	184,1	8,25	32,65	186,1	8,6

TABLEAU XI
BILAN DES FABRICATIONS COMPLÉMENTAIRES

	<i>Fabrication D</i>						<i>Fabrication E</i>						<i>Fabrication F</i>					
	<i>Témoin</i>			<i>Essai</i>			<i>Témoin</i>			<i>Essai</i>			<i>Témoin</i>			<i>Essai</i>		
	<i>L</i>	<i>F</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	<i>F</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	<i>F</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	<i>F</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	<i>F</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	<i>F</i>	<i>S</i>
Poids total (kg)	1,100	0,147	0,953	0,955	0,184	0,770	1,800	0,257	1,543	1,620	0,290	1,330	1,400	0,183	1,217	1,260	0,170	1,090
Matière sèche (g)	129,6	63,6	64,1	146,7	82,9	66,6	217,3	109,5	105,3	219,5	117,3	100,7	156,9	76,0	81,7	148,5	73,0	75,1
Matière grasse (g)	37,1	36,6	1,4	43,5	43,0	0,8	64,5	55,4	3,10	64,0	57,8	1,9	37,6	34,6	1,5	36,4	31,6	1,0
Matière sèche dégraissée (g)	92,5	27,0	62,7	103,2	39,9	65,8	152,8	54,1	102,2	155,5	59,5	98,8	119,3	41,4	80,2	112,1	41,4	74,1
Matières minérales (g)	7,8	2,4	5,4	9,1	3,25	5,55	12,7	4,06	8,8	12,8	4,35	8,45	10,1	3,1	7,2	9,5	2,9	6,7
Matières azotées (g)	33,6	26,16	8,05	38,1	30,6	8,45	56,5	44,4	13,9	57,7	45,4	12,9	43,4	33,7	10,05	41,1	31,6	9,37

TABLEAU XII

RENDEMENTS DES FABRICATIONS COMPLÉMENTAIRES (EXPRIMÉS EN POURCENTAGE DES ÉQUIVALENTS-LAIT)

		<i>Fabrication D</i>			<i>Fabrication E</i>			<i>Fabrication F</i>		
		<i>Témoin</i>	<i>Essai</i>	<i>Augmen- tation de rendement</i>	<i>Témoin</i>	<i>Essai</i>	<i>Augmen- tation de rendement</i>	<i>Témoin</i>	<i>Essai</i>	<i>Augmen- tation de rendement</i>
<i>Rendements p. 100 en :</i>										
Matière sèche	(a) (1)	49,05	56,5	7,45	50,4	53,45	3,05	48,5	49,15	0,65
	(b) (1)	50,5	54,6	4,1	51,6	54,1	2,5	47,9	49,4	1,5
	(c) (1)	51,5	55,7	4,2	52,4	54,4	2,0	48,2	50,2	2,0
Matière sèche dégraissée	(a)	30,2	39,0	8,8	31,5	35,5	4,0	33,45	33,55	0,1
	(b)	32,2	36,2	4	33,1	36,4	3,3	32,8	33,9	1,1
	(c)	33,6	37,7	4,1	34,3	36,8	2,5	33,1	34,9	1,8
Matières minérales	(a)	30,7	35,7	5	32,0	34,0	2,0	30,7	30,5	—0,4
	(c)	32,0	37,7	5,7	33,2	34,4	1,2	31,1	31,5	0,4
Matières azotées	(a)	77,85	80,3	2,45	78,6	78,7	0,1	77,6	76,9	—0,7
	(b)	76	77,8	1,8	75,4	77,6	2,2	77,0	77,2	0,2
	(c)	76,5	78,3	1,8	75,8	77,7	1,9	77,1	77,6	0,5

(1) Les modalités du calcul des rendements (a) (b) et (c) sont précisées sur le tableau VIII.

Si la méthode des bilans, en raison de son insuffisance de précision, ne nous permet pas de mettre en évidence l'intervention de la caséine dans l'augmentation du « rendement maigre », cette dernière peut être recherchée par une voie indirecte.

Il est clair par exemple qu'une meilleure rétention des constituants du caillé dans les pâtes fabriquées à partir de lait concentré devrait se traduire par de légères différences dans la composition azotée des sérums.

La séparation par décantation et centrifugation des particules de caillé présentes dans les lactosérums, puis la détermination du poids des culots après dessiccation et les dosages d'azote sur ceux-ci n'ont permis de mettre en évidence aucune différence appréciable entre les sérums des fabrications témoin et ceux provenant de lait concentré. Dans l'un et l'autre cas les quantités de protéines séparées étaient négligeables et variaient de 35 à 50 mg de protéines par kg de lactosérum.

TABLEAU XIII

TENEURS EN MATIÈRES AZOTÉES DES DIVERS LACTOSÉRUMS
(en g par kg)

<i>Fabri- cations</i>	<i>Lait témoin</i>		<i>Lait concentré</i>	
	<i>Sérums de fabrication</i>	<i>Sérums présure</i>	<i>Sérums de fabrication</i>	<i>Sérums présure</i>
D	8,45	8,64	11,0	11,13
E	9,0	9,15	9,7	9,72
F	8,25	8,19	8,6	8,57

Les essais de précipitation de caséine à pH 4,6 sur les deux types de sérums n'ont pas davantage été concluants. Les sérums présentent donc des teneurs en caséine de caillé extrêmement faibles et en tout cas non significativement différentes. Ces résultats sont confirmés par les déterminations des matières azotées sur les lactosérums-présure préparés à partir des laits mis en fabrication. On constate en effet (tableau XIII) que les sérums des fabrications témoin et essai présentent des teneurs en matières azotées comparables à celles des sérums présure lesquels, du fait de leur mode de séparation, ne contiennent pas de caséine sous forme de particules de caillé.

IV. — Conclusion

Ces résultats conduiraient à conclure que l'augmentation de « rendement maigre », constatée dans la fabrication de fromage à partir de lait concentré, est seulement due à la plus grande richesse en matière sèche des laits et à une meilleure rétention des sels minéraux dans les pâtes. Il en est sans doute ainsi dans nos fabrications de laboratoire car les pertes de caillé sont de toute manière négligeables quelle que soit la qualité du lait mis en œuvre. Mais, le problème est probablement différent lorsqu'il s'agit de fabrications industrielles. Les sérums sont alors toujours plus ou moins chargés de particules de caillé et il est possible que les pertes soient moindres dans les fabrications mettant en œuvre du lait concentré, en raison notamment de la texture plus ferme des coagulums. On comprendrait alors pourquoi les fabrications industrielles sont à l'origine d'augmentations de rendement sensiblement plus grandes que celles constatées en essais de laboratoire.

En conclusion, l'augmentation de rendement maigre des fabrications fromagères obtenues à partir de lait concentré aurait deux origines essentielles : une plus grande rétention des constituants du sérum en raison des modalités de reconstitution du lait et un degré de minéralisation des pâtes plus élevé. Ce dernier caractère est directement responsable d'une fraction notable de l'augmentation de rendement mais, indirectement il est vraisemblable que son rôle est encore plus important. Il confère en effet aux pâtes une plus grande cohésion et, par suite, une aptitude particulière à subir, au niveau de l'égouttage, une technologie mécanisée. La réduction des pertes de caillé pourrait ainsi être l'une des causes de l'augmentation de rendement observée dans les fabrications industrielles.

Summary

In cheesemaking, the use of concentrated milk permits to obtain cheeses richer in mineral matters particularly calcium and inorganic phosphorus. By this way the solid non fat yield of cheeses increases.

Cheeses manufacturing laboratory are engaged in research with regard to the origin of this augmentation. Two causes have been discovered : the difference of serums retained concentration and the difference of curds mineralization.

The whey proteins do not participate in the increase of yield and a better casein retention has not been observed. However the authors think that, in the industrial mechanized manufacturing, the slighter losses of curd in Serums, could contribute, for a large part, to the yield augmentation.

RÉFÉRENCES

- [1] STENNE (P.), 1964. La fromagerie en continu. *La Technique Laitière*, **463**, 13-29.
 - [2] MAHDAVI ARDEBILI (G.), CAMUS (A.), JOUZIER (X.), 1964. Etude des rendements obtenus par l'utilisation de lait concentré dans la fabrication des pâtes molles. *Industrie Laitière*, **214**, 375-383.
 - [3] HUTIN (G.), STENNE (P.). Communications personnelles.
 - [4] STEINSHOLT (K.), CALBERT (H. E.), 1960. A rapid colorimetric method for the determination of lactic acid in milk and milk products. *Michwissenshaft*, **15**, 7-11.
 - [5] KNUDSEN (S.), OVERBY (A. J.), 1942. *Kong. Vet. og Land-Aarsker*. Copenhagen.
 - [6] MAUBOIS (J. L.), MOCQUOT (G.), BLANC-PATIN (E.), 1965. L'influence de la concentration du lait sur le rendement en fromage. *Industrie laitière*, **222**, 309-314.
 - [7] MAUBOIS (J. L.), MOCQUOT (G.), 1967. Comment ramener à la même teneur en substance sèche des fabrications de fromage en vue de comparer les « rendements » respectifs du lait en fromage. *L'industrie Laitière*, **239**, 15-18.
-