

Equivalents lait et rendements en produits laitiers : modes de calculs et utilisation

C. Meyer¹ G. Duteurtre¹

Mots-clés

Lait - Produit laitier - Beurre - Fromage - Sous-produit laitier - Composition - Rendement - Méthode statistique - Ethiopie - Afrique.

Résumé

Pour des besoins statistiques, il peut être parfois utile de comparer des quantités de produits laitiers entre elles en les ramenant à des quantités équivalentes de lait. Pour cela, des coefficients de conversion sont utilisés. Les coefficients sont différents selon leur mode de calcul basé sur la composition du lait et des produits laitiers (équivalent lait) ou sur l'efficacité des modes de fabrication (rendement). Ainsi, les rendements des produits et des sous-produits du lait servent dans les études de filière à estimer la production de lait qui en est à l'origine. Les quantités de lait correspondant à un produit laitier ne s'additionnent pas à celles correspondant à ses sous-produits. Leur valeur est de l'ordre de 5 pour les fromages frais, 7,6 pour les laits en poudre, 10 pour les fromages secs, 22 pour le beurre, 25 pour l'huile de beurre (beurre liquide). Par contre, les équivalents lait proprement dits sont en général utilisés à une échelle plus large pour comparer des marchés et les quantités obtenues peuvent s'additionner les unes les autres. Mais celles-ci sont sous-estimées car tous les produits et sous-produits ne sont pas toujours commercialisés ni pris en compte dans les statistiques. Les équivalents lait les plus utilisés et ceux qui posent le moins de problèmes sont ceux basés sur la matière sèche. Leur valeur est de l'ordre de 2 pour les laits condensés, 2 pour les fromages frais, 4,4 pour les fromages secs, 6,6 pour le beurre solide, 8 pour l'huile de beurre et 7,6 pour les laits en poudre. Mais comme les autres coefficients basés sur les matières grasses, la matière sèche non grasse ou combinés, ils sont toujours biaisés. Lorsque ces coefficients sont employés, la méthode choisie et les coefficients utilisés doivent toujours être mentionnés.

■ INTRODUCTION

Les coefficients de conversion des divers produits laitiers en équivalents lait permettent de remplacer une quantité donnée de produits laitiers par une quantité de lait équivalente. Leur principe revient à évaluer la quantité de lait ayant été nécessaire à la fabrication des produits considérés. Cette conversion permet alors d'estimer et de comparer les quantités de produits disponibles ou consommés à l'échelle d'un marché urbain, national ou régional, ou au niveau du marché mondial. Pour cela, les coefficients de conversion s'appliquent non seulement au lait en nature, mais aussi aux produits laitiers tels que la crème, le beurre et le fromage et aux sous-produits tels que le babeurre et le lactosérum (encadré 1).

Or, il apparaît des différences importantes dans ces coefficients ou facteurs de conversion utilisés par différents auteurs. Aussi, Metzger et coll. (11) font remarquer qu'il serait souhaitable qu'ils soient employés avec discernement et avec une valeur identique dans toutes les études. Richarts et Mikkelsen (20) expliquent cependant que la détermination d'équivalents lait corrects pour toutes les situations est quasi impossible. Le but de cette note est d'éclairer ce problème.

Les coefficients relevés dans la littérature, parfois très différents pour un même produit laitier, sont analysés. Après un rappel des étapes de la transformation du lait et donc de la filiation des produits laitiers et sous-produits à partir du lait, l'historique des modes de calcul des équivalents lait dégage les différents types de coefficients. Le choix de ceux-ci est alors discuté en fonction de diverses situations illustrées par deux exemples.

1. Cirad-emvt, Campus international de Baillarguet, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

Encadré 1

Caillé, lait fermenté et autres produits laitiers

Le **lait fermenté** (*fermented milk* ou *sour milk*) est un produit largement consommé en Afrique subsaharienne. Il résulte de la fermentation lactique du lait. Cette fermentation peut provenir de l'ajout de ferments par ensemencement du lait. Mais elle peut aussi résulter de la présence naturelle des bactéries lactiques dans le milieu (14). En Afrique et ailleurs se rencontrent une grande diversité de laits fermentés. Le **yaourt** est un lait fermenté standardisé obtenu par l'action de deux ferments : *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*. Le **kéfir** (ou képhir) est un lait fermenté liquide dans lequel se sont développées, en plus des bactéries lactiques, des levures produisant de l'alcool (8).

La **coagulation** du lait entier ou écrémé ou du babeurre correspond à des modifications physico-chimiques de la caséine sous l'action d'acides et/ou d'enzymes protéolytiques. Ces modifications entraînent la formation d'un réseau protéique appelé **coagulum** (4). Les substances coagulantes peuvent être issues de fermentation (c'est le cas de l'acide lactique). En Afrique, le latex de *Calotropis procera* est souvent utilisé comme coagulant dans la fabrication fromagère (13). La **présure** est une enzyme coagulante issue de la caillette des veaux.

Le **caillé** (*curd*) est obtenu par l'égouttage du coagulum. Il consiste en la séparation du lactosérum après rupture mécanique du coagulum, par moulage ou par pression. Suivant les maturations ou les traitements physiques qu'il subit, le caillé peut être consommé sous forme de fromage frais ou fromage caillé (*fresh cheese* ou *curd cheese*) ou bien transformé en d'autres types de fromages plus élaborés (4). Le fromage blanc (*cottage cheese*) est une variété de fromage caillé.

L'usage du terme **lait caillé** pour qualifier un lait fermenté est imprécis. Il peut conduire à confondre le lait fermenté et le fromage frais (caillé).

Le **lactosérum** ou petit-lait de fromagerie (*whey*) est le sous-produit de la fabrication du fromage à partir du lait ou du babeurre.

Le **beurre cosmétique** est utilisé en Ethiopie par une grande majorité de femmes pour l'entretien des cheveux, même en zone urbaine. C'est du beurre solide, très frais, en principe d'origine rurale. Son application permet un graissage des cheveux, une hydratation du cuir chevelu et soulagerait aussi certains maux de tête.

Le **babeurre** (*buttermilk*) est le résidu liquide sous-produit de la fabrication du beurre à partir de lait ou de crème. Lactosérum, babeurre et lait écrémé sont appelés petit-lait.

Les **huiles de beurre** (*butteroils*) sont des produits définis par des normes internationales. Ils résultent de l'extraction quasi totale de l'eau et de l'extrait sec non gras du lait de vache. Sont différenciés par ordre de qualité décroissante les matières grasses laitières anhydres (MGLA) (*anhydrous milkfat*), le *butteroil* anhydre ou matières grasses butyriques anhydres (MGBA) (*anhydrous butteroil* ou *anhydrous butterfat*) et le *butteroil* ou matières grasses butyriques (MGB) (*butteroil* ou *butterfat*). Cette qualité dépend de la fraîcheur de la matière première utilisée ainsi que de la teneur finale en matières grasses (7).

Le **ghee** (*ghee*), lui aussi défini par des normes, résulte de l'extraction quasi totale de l'eau et de l'extrait sec de lait, de crème ou de beurre provenant de différentes espèces animales. Il possède une structure physique particulière (7). Le terme ghee provient du terme hindi *ghi* : beurre clarifié semi-solide fabriqué en Inde et dans les pays voisins, en général à partir de lait de bufflesse.

Le **beurre fondu** liquide ou beurre clarifié (*melted butter* ou *clarified butter*) résulte du chauffage du beurre. Il ne répond à aucune norme précise. En Afrique, les beurres fondus liquides sont parfois épicés (14).

Les **laits concentrés** ou laits condensés ou laits évaporés (*concentrated milk*, *condensed milk* ou *evaporated milk*) résultent d'une déshydratation partielle du lait par évaporation. Les laits concentrés sucrés sont distingués du lait concentré non sucré (9). Ils peuvent être obtenus à partir de lait entier, de lait écrémé ou de lait partiellement écrémé.

La **poudre de lait** ou lait en poudre ou lait sec (*powder milk*, *milk powder* ou *dry milk*) résulte du séchage d'un lait évaporé. Les poudres obtenues à partir de lait entier (*whole milk powder*, *WMP*), de lait écrémé (*skim milk powder*, *SMP*) ou de lait partiellement écrémé sont différenciées. Il existe aussi du babeurre sec (*dry buttermilk*), du petit-lait sec (*dry whey*) et de la crème en poudre.

Lexique complémentaire français-anglais :

caillette = *abomasum*
ensemencement = *inoculation*
ferments = *starter*
présure = *rennet*, *rennin*, *runnet*

■ LES DIFFERENTS TYPES D'EQUIVALENTS LAIT

Les divers coefficients de conversion

Selon les auteurs et les usages, différents coefficients de conversion ont été utilisés (tableau I). Une hétérogénéité est constatée pour certains produits. Ainsi, pour les beurres, il y a quatre groupes de coefficients et les valeurs extrêmes obtenues dans des groupes différents sont 0,12 et 21,8, soit un rapport de 1 à 182. Pour les fromages, la variation va de 2 à 10,04, soit un rapport extrême de 1 à 5.

Filiation des produits laitiers et des sous-produits à partir du lait

Les techniques de transformation utilisées en Afrique diffèrent souvent des schémas industriels. Avant d'aborder toute dis-

cussion sur les coefficients de conversion, il est bon de rappeler la filiation des produits laitiers et des sous-produits à partir du lait.

Dans le cas d'une laiterie industrielle, les opérations de transformation peuvent être représentées schématiquement par la figure 1. En même temps que le beurre (produit laitier recherché), on obtient du lait écrémé et du babeurre (qui sont des sous-produits). Le lait écrémé peut être utilisé en l'état ou transformé en poudre de lait écrémé. En même temps que le fromage, un sous-produit, le lactosérum, est obtenu. Lactose et protéines du lactosérum sont utilisés. Dans le cas de la fabrication de fromage, il est possible de partir de lait entier ou de lait de mélange obtenu avec du lait entier et du lait écrémé.

Tableau I
Facteurs de conversion des produits laitiers en lait relevés dans la littérature

	EL selon les MG				EL selon la MS					MS non grasse			EL combiné	
	Références : 20a	20b	23	5	10	25	11	1	23	20c	20d	20e	20	
Lait entier frais	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Yoghourt														
Lait écrémé				0,7			1,0	1,2						
Lactosérum				0,5	1,0									
Lait condensé entier	2,15			2,1	2,0	2,0	2,0	2,2		2,09		2,1	2,285	
Lait condensé écrémé				1,9	2,0									
Fromage frais ou caillé				2,0	3,2	4,4								
Fromages	7,49	6,15		4,4	3,2	4,4	4,4	4,4	6,00*	9,99	10,04*	8,333	7,55	
Lactosérum en poudre				7,6	7,6				6,00					
Lait en poudre entier	7,36	6,79		7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,30	8,26	8,17	8,26	7,995	
Lait en poudre écrémé	0,22	0,154	0,07	7,6	7,6	7,6		7,04		11,58	11,64	10,87	10,803	
Crème													1,00	
Beurre	21,8	21,15	19,56	6,6	7,3	6,6	6,6	6,6	8,99	0,12	19,58	1,00	1,00	
Huile de beurre				8,0	7,3	8,0								
Babeurre									8,96					
Caséine		33		7,4				11,74			34,45	33	33	

EL = équivalent lait ; MG = matières grasses ; MS = matière sèche

* Cheddar

1. Centres, 1995

5. Fao, 1978

10. Mbogoh, 1984

11. Metzger et coll., 1995

20. Richarts et Mikkelsen, 1996

20a. United States Department of Agriculture (USDA) selon la matière sèche. In : Richarts et Mikkelsen, 1996

20b. IDF C-Doc 174 Eurostat. In : Richarts et Mikkelsen, 1996

20c. USDA selon la matière sèche non grasse. In : Richarts et Mikkelsen, 1996

20d. Australian Dairy Corporation, Dairy Compendium, 1993. In: Richarts et Mikkelsen, 1996

20e. IDF C-Doc 174 Produktschap voor Zuivel (Pays-Bas). In: Richarts und Mikkelsen, 1996

23. Van't Riet, 1996

25. Von Massow, 1990

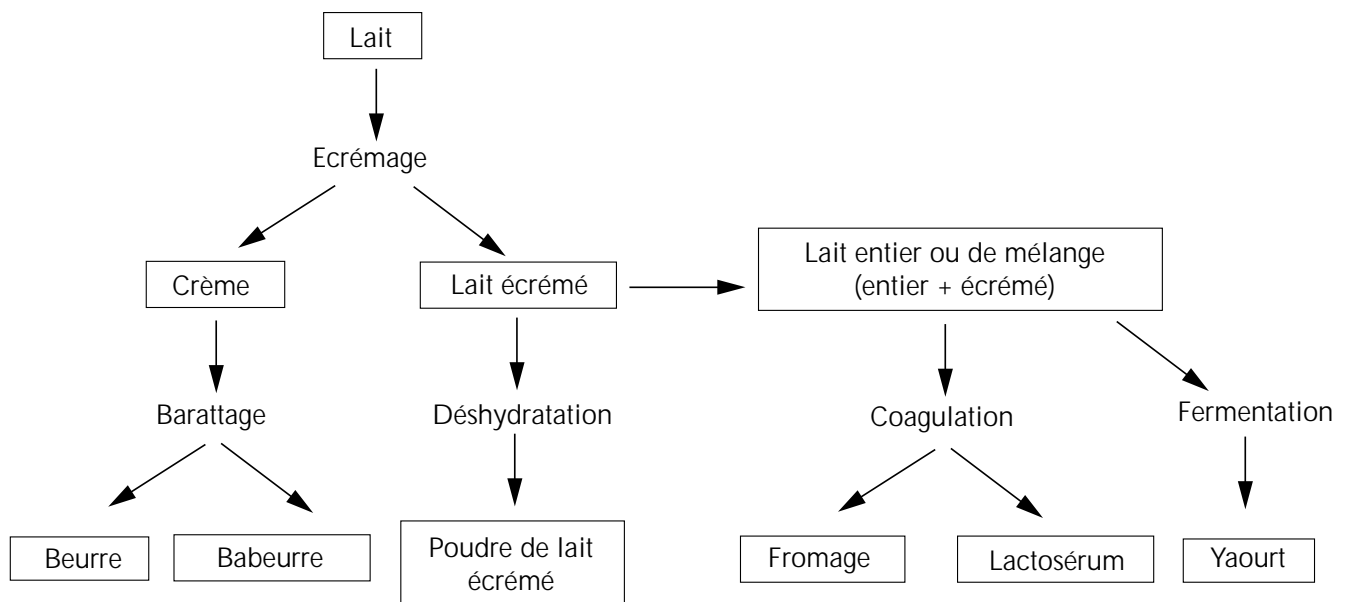


Figure 1 : diagramme de transformation du lait en laiterie industrielle.

Dans le cas des transformations traditionnelles en Afrique (figure 2), le beurre est obtenu directement à partir de lait acidifié entier et non pas à partir de crème. Le babeurre peut servir alors à la fabrication de fromage maigre qui est parfois déshydraté. Le lactosérum est consommé par la famille ou donné aux veaux. Le beurre lui-même est souvent transformé en huile de beurre par clarification. Ainsi, dans les deux cas, le même lait peut servir à la fabrication de beurre et aussi de fromage.

Historique des modes de calcul des équivalents lait

Les auteurs utilisent les termes d'équivalent lait, d'équivalent lait liquide ou d'équivalent lait entier (EqL, EqL, ou mieux EL). En anglais, il s'agit de *milk equivalent* ou *liquid milk equivalent* (M-E, M.E. ou ME), termes souvent employés, même lorsqu'il s'agit de rendement.

L'historique des modes de calcul des coefficients de conversion montre quatre types d'équivalents lait basés sur la composition des produits ou sous-produits du lait (19, 20).

Les premiers coefficients de conversion des produits laitiers en équivalent lait liquide utilisés au début du Marché commun en Europe étaient basés sur le taux de matières grasses (MG) du lait liquide et des produits qui en étaient tirés. Le beurre était responsable de la plus grande valeur commerciale de cet ensemble. Les autres sous-produits du lait pouvaient alors être négligés. Ainsi, le lait écrémé, produit en grande quantité, était beaucoup utilisé pour l'alimentation des animaux. Pour calculer le coefficient équivalent lait d'un produit laitier avec cette méthode, son taux de matières grasses est divisé par celui du lait d'origine. Les équivalents obtenus ainsi pour le beurre étaient de 22 (82 p. 100 / 3,7 p. 100) en Union européenne et de 20,5 (82 p. 100 / 4,0 p. 100) aux Etats-Unis. Ils étaient de 7 (lait à 3,7 p. 100 MG) ou de 6,5 (lait à 4,0 p. 100 MG) pour la poudre de lait.

Mais cette méthode conduit à négliger le lait écrémé et ses sous-produits et s'applique mal aux fromages. Pour beaucoup de fromages, en effet, le taux de matières grasses est inférieur à celui du lait

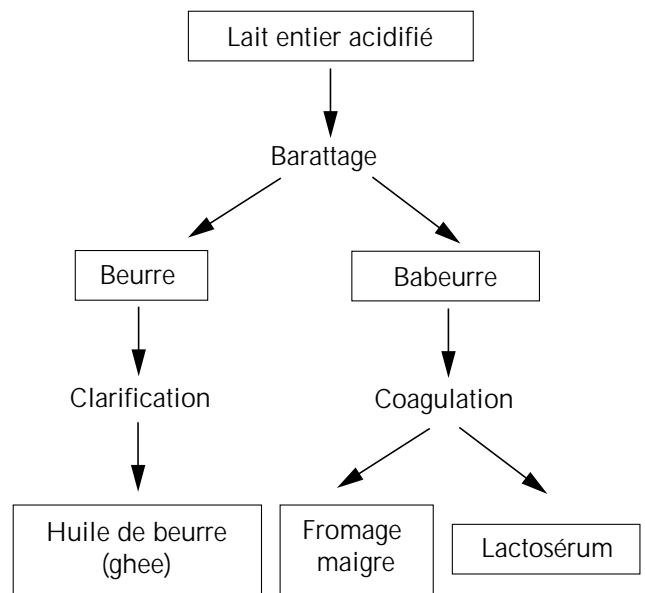


Figure 2 : diagramme de transformation traditionnelle du lait en Afrique (d'après O'Mahony et Peters, 1987).

d'origine, ce qui donne un coefficient inférieur à 1. De plus, le coefficient à utiliser n'est pas le même pour la production, les importations et les exportations au niveau d'un pays (par exemple 20,5 pour un beurre fabriqué en Amérique du Nord et 22 pour un beurre européen selon les taux de matières grasses du lait à l'origine).

Par la suite, d'autres coefficients ont été obtenus en se basant sur le taux de matière sèche du lait et des produits et sous-produits laitiers. Le coefficient est de l'ordre de 4 pour les fromages et de 6,6 (82 ou 83 / 12,5) pour le beurre. Les coefficients obtenus d'après la matière sèche sont peu adaptés au beurre et aux

fromages, à taux élevés de matières grasses ou de protéines. Ils conviennent bien pour décrire la situation générale de demande et d'approvisionnement d'un pays lorsque la demande est équilibrée en sous-produits. Mais, lorsque celle-ci est déséquilibrée (Italie qui importe beaucoup de fromages, Royaume-Uni qui importe beaucoup de beurre), des biais subsistent.

Malgré cela, la Fao a proposé des coefficients basés sur la matière sèche (tableau II). Mais dans les statistiques des pays, certains produits ne sont pas distingués : lait condensé entier et écrémé, fromages frais et non frais, beurre et huile de beurre. Pour ces ensembles, un coefficient moyen est considéré. Par exemple, pour les fromages en général un chiffre moyen est considéré : $(2,0 + 4,4)/2 = 3,2$. Le tableau I (référence 10) donne les coefficients utilisés par Mbogoh pour exploiter les données statistiques des pays.

Par ailleurs, les coefficients basés sur la matière sèche non grasse (*nonfat solids*) sont parfois utilisés. Ils sont calculés en divisant le taux de matière sèche non grasse du produit par celui du lait d'origine. Ces coefficients ne sont pas non plus entièrement satisfaisants puisqu'ils sous-estiment l'importance des produits à haute teneur en matières grasses tels que le beurre.

Enfin, une méthode combinant le taux de matières grasses et la matière sèche non grasse a été proposée. Elle est recommandée par la FIL (Fédération internationale laitière) à titre de compromis entre les pays membres (20). La méthode consiste à combiner des calculs séparés sur la base des matières grasses et sur la base de la matière sèche non grasse. Le coefficient permet de mieux rendre compte de l'importance des différents produits mais sous-estime encore les quantités de beurre. D'ailleurs, il est assez peu utilisé en pratique, contrairement à l'équivalent lait basé sur la matière sèche.

Tableau II

Facteurs de conversion des produits laitiers en EL basés sur la matière sèche (Fao, 1978)

Type de produit laitier	Matière sèche	Facteur de conversion %
1. Lait liquide entier	12,5	1,0
2. Lait liquide écrémé	8,5	0,7
3. Lactosérum (petit lait)	6,2	0,5
4. Lait condensé et évaporé		
- entier	26,0	2,1
- écrémé	24,0	1,9
5. Lait en poudre (entier et écrémé)	95,0	7,6
6. Lactosérum en poudre	95,0	7,6
7. Caséine	90,0	7,4
8. Fromage frais (<i>cottage cheese</i>)	25,0	2,0
9. Fromages (sauf frais)	55,0	4,4
10. Beurre	82,0	6,6
11. Huile de beurre	100,0	8,0

■ LIMITES DES EQUIVALENTS LAIT ET UTILITE DES RENDEMENTS

L'utilisation de l'équivalent lait peut être délicate

Il est important de considérer les produits laitiers produit par produit dans les analyses sur les marchés laitiers. En effet, les stratégies commerciales des producteurs, les techniques de transformation, les circuits de la commercialisation et les caractéristiques de la consommation sont le plus souvent radicalement différentes d'un produit à l'autre. La décomposition de l'analyse produit par produit est recommandée autant que possible, en prenant en compte les différents itinéraires techniques des produits dans la filière et la segmentation de la demande entre différents produits non substituables. L'équivalent lait doit être utilisé le moins possible. Il ne doit pas être employé sans justification.

L'équivalent lait dépend de la composition du lait de départ

De par leur mode de calcul, les équivalents lait dépendent de la teneur en matières grasses, en matière sèche ou en matière sèche non grasse du produit laitier envisagé et du lait de départ. Par exemple, le coefficient calculé selon les matières grasses pour la poudre de lait est de 7 pour un lait à 3,7 p. 100 de matières grasses et de 6,5 pour un lait à 4,0 p. 100 de matières grasses (19). Or, les taux de matières grasses et de protéines varient avec les espèces, les races et même les individus. Au sein d'une même race, la composition du lait varie aussi sous l'effet de nombreux facteurs externes liés aux saisons et à l'alimentation, ce qui induit là encore des risques dans l'utilisation des coefficients.

En ce qui concerne les espèces, le taux de matières grasses du lait de chèvre est de 4,5 p. 100 en moyenne. Celui du lait de bufflesse est le plus élevé : 7,7 p. 100 en moyenne (22).

En ce qui concerne les races, le taux de matières grasses moyen au contrôle laitier de 1995 en France a été de 4,06 p. 100 en race Prim'Holstein et de 5,86 p. 100 en race Jersiaise, mais seulement de 3,33 p. 100 en race Salers (18). Les zébus, qui constituent la majorité du cheptel africain, ont souvent un lait plus riche en matières grasses que celui des taurins européens : 5,0 p. 100 au lieu de 3,9-4,1 p. 100 en moyenne (15).

L'équivalent lait est lié à un produit et à un itinéraire technique

Les équivalents lait standards de la Fao traduisent la transformation du lait entier en différents produits laitiers selon l'utilisation théorique optimale de la matière sèche de ce lait. Ces coefficients rendent compte d'une manière relativement pertinente des transformations du lait dans le cadre de procédés industriels rationalisés comme ceux qui sont employés dans l'industrie laitière où l'ensemble de la matière sèche du lait fait l'objet d'une valorisation commerciale. Par exemple, sur le marché européen des produits de l'industrie laitière, si l'ensemble des produits sont affectés du coefficient EL de la Fao, un chiffre total assez proche de la production laitière à l'origine de ces produits est trouvé. Cependant, en Afrique, l'utilisation du lait est souvent beaucoup moins rationnelle et des techniques différentes sont utilisées aboutissant à un nombre limité de produits. De ce fait, un ajustement des coefficients de la Fao est alors nécessaire.

En fait, des équivalents lait propres à chaque mode de fabrication pourraient être calculés. Il faudrait alors détailler les coefficients pour tous les types de beurres et de fromages. La matière sèche des fromages varie par exemple de 25-30 p. 100 dans les fromages frais à 55-62 p. 100 dans les fromages à pâte pressée.

L'utilisation de l'équivalent lait tend à sous-estimer les produits non commercialisés

Enfin, l'utilisation de l'équivalent lait est particulièrement délicate dans les marchés africains où seulement une partie de la production est commercialisée. Ainsi, un nombre important de producteurs ruraux africains vendent du beurre ou de l'huile de beurre sans commercialiser systématiquement ni le babeurre, sous-produit du barattage, ni d'éventuels fromages fabriqués à partir de ce babeurre. C'est là une situation qui a prévalu jusqu'à la révolution laitière dans certaines régions d'Europe où seules les matières grasses du lait faisaient l'objet d'une commercialisation. Il est alors très difficile de calculer le pourcentage du babeurre ayant fait l'objet d'une transformation en fromage. Le petit lait n'est, pour ainsi dire, jamais commercialisé (figure 3).

Pour les producteurs des zones urbaines et périurbaines, au contraire, l'ensemble de la production est commercialisé sous forme de lait cru, soit pour être consommé directement, soit pour être transformé en laiterie. Les produits laitiers traditionnels ne sont que très rarement fabriqués par ces producteurs périurbains. Dans les laiteries urbaines qui sont industrielles ou artisanales, le plus gros de la matière sèche du lait fait l'objet d'une commercialisation, le fromage étant systématiquement vendu. Le petit lait est même parfois valorisé. De ce fait, une différence fondamentale sépare les producteurs ruraux des producteurs périurbains. Pour les premiers, les produits traditionnels présents sur les marchés urbains ne représentent qu'une partie seulement de la matière sèche du lait ayant servi à leur fabrication. Au contraire, les produits laitiers commercialisés par les producteurs périurbains représentent la quasi-totalité de la matière sèche du lait ayant servi à leur fabrication. Si alors la production laitière à l'origine des produits laitiers est calculée à l'aide des équivalents lait les plus couramment utilisés, l'importance de la production rurale par rapport à la production périurbaine est sous-estimée.

L'utilité des rendements

Dans les cas où la transformation laitière est réalisée sur l'exploitation dans un mode traditionnel, il paraît intéressant d'utiliser un coefficient qui affecterait à une quantité de produit la quantité de lait (en kilogrammes ou en litres) réellement nécessaire à la fabrication d'un kilogramme de produit. Ce coefficient est déjà utilisé en technologie laitière où il est appelé rendement. Il est beaucoup plus adapté aux analyses sur les produits laitiers d'origine rurale en Afrique.

Le rendement beurrier ou fromager est souvent exprimé en kilogrammes de produit pour 100 kg ou 100 l de lait entier ou de lait de mélange (tableaux III et IV). Un produit principal (celui qui a la plus grande valeur marchande) et des sous-produits sont définis. Le rendement du produit principal est égal à la production de lait nécessaire à la fabrication du produit principal et des sous-produits. De cette manière, une production dont la matière sèche n'a été que partiellement commercialisée n'est pas sous-estimée. En effet, le rendement d'un produit tel que le beurre contient ceux de ses sous-produits, le fromage maigre par exemple. De ce fait, à la différence des équivalents lait, les rendements des sous-produits ne s'additionnent pas à ceux des produits. Le tableau V représente le cas d'un marché où 1 000 t de beurre, 200 t d'huile de beurre et 200 t de fromages sont vendus en un an. Le calcul effectué en utilisant les équivalents lait basés sur la matière sèche sous-estime de près de 58 p. 100 la production de lait à l'origine de ces produits laitiers.

A titre d'exemple, en France, il est estimé que pour fabriquer 1 kg de fromage de type « pâtes pressées » comme le saint-paulin, l'édam, la mimolette et le gruyère, il faut en moyenne 10 l de lait (9). Ce

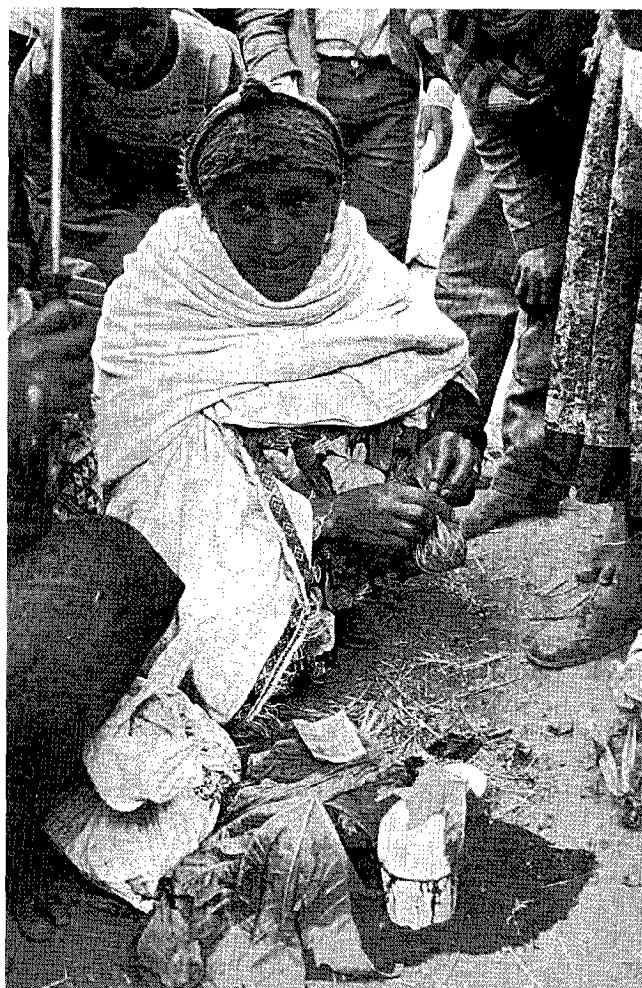


Figure 3 : vendeuse de beurre fermier sur un marché rural en Ethiopie. Seules les matières grasses font l'objet d'une commercialisation.

rendement varie beaucoup avec le type de fromage fabriqué. Veisseyre (24) donne quelques exemples de rendements moyens pour des fromages européens ; les quantités moyennes de fromage fabriquées avec 100 l de mélange ont été transformées en litres de lait de mélange nécessaires par kilogramme de produit (tableau IV).

Le rendement de la fabrication de fromage à partir de lait de dromadaire est plus faible qu'à partir de lait de vache (17). Ainsi, en Tunisie, avec la même technique de transformation, pour obtenir 1 kg de fromage sec, il a fallu 20,4 kg de lait de dromadaire au lieu de 17,9 kg de lait de vache (8).

Pourquoi utiliser les équivalents lait et les rendements ?

Le tableau VI récapitule les équivalents lait et les rendements les plus utilisés.

Les usages sont pour comparer des chiffres globaux : l'équivalent lait est utilisé par exemple pour comparer les consommations par habitant et par an, les quantités de produits commercialisés et importés, pour comparer des marchés, mais pas des productions.

Pour comparer les productions, certains produits pouvant ne pas être commercialisés, comme souvent en Afrique et dans certains pays utilisant les transformations traditionnelles du lait, la méthode précédente peut sous-estimer les quantités de lait réellement à l'origine des produits. Les rendements, utilisables pour tous les produits, peuvent alors servir à comparer des productions.

Tableau III
Exemples de rendements relevés dans la littérature

	Europe				Ethiopie		
	Références :	2	24	16	12	14	13
Lait entier frais	1	1	1	1		1	1
Lait fermenté acide						1	
Yaourt				1		1	
Lait demi écrémé						1,1	
Crème glacée			1,8				
Lait condensé entier	2,5		2,3 ***				
Lait cond. non sucré		1,81					
Lait cond. sucré		2,8					
Fromage frais				3			
Fromage blanc maigre = From. caillé (<i>curd</i>)			6,25			8	
Fromages	10	10	10	4-12		6-9,5	5-10
Lait en poudre entier		8,35 *	7,6				
Crème				10			
Crème en poudre			19				
Beurre traditionnel dur	23	21 **	22,8	20		20	
Beurre local clarifié						23	
Ghee						25	

* avec du lait à 3,1 % de MG ; ** avec du lait à 4 % de MG ; *** les auteurs distinguent aussi le lait évaporé entier avec un rendement de 2,4

2. Craplet et Thibier, 1973

12. Meyer et Denis, 1998

13. O'Connor, 1993

14. O'Mahony et Peters, 1987

16. Potter et Hotchkiss, 1995

24. Veisseyre, 1975

Tableau IV
Exemples de rendements fromagers moyens divers

Produit laitier	Extrait sec %	Rendement l/kg	Source
Suisse	30	3,8 à 4	24*
<i>Wara</i> (fromage blanc de 60 g)		5	13
<i>Domiat</i> (fromage blanc dur)		6	14
<i>Gybna beyda</i> (fromage blanc dur)		7	13
<i>Ayib</i> (fromage trad. éthiopien, caillé)		8	13, 14
<i>Queso blanco</i> (fromage blanc pressé)		8	13, 14
Saint-paulin	47	8,7 à 9,1	24*
Bleu	50	8,7 à 9,1	24*
<i>Feta</i> (fromage blanc saumuré)		9	14
<i>Gybna beyda</i> (fromage blanc dur)		9	14
<i>White cheese</i> (fromage blanc)		9	14
<i>Halloumi</i> (fromage blanc mariné)		9	13
Idem		9,5	14
Cantal	58	9,1 à 10	24*
Hollande	47	9,1 à 10	24*
<i>Scamorza</i> (fromage à pâte fleurie)		10	13
Munster	44	10,0 à 11,1	24*
Emmental	62	11,1 à 12,5	24*

* Rendements obtenus à partir de laits de mélange à 24-25 g ou 25-26 g de matières grasses par litre en France

Tableau V

Exemple pratique : cas d'un marché

Produit	Quantité (t/an)	Coefficient	Quantité de lait à l'origine (t)
Calcul 1 d'après les équivalents lait - MS			
Beurre	1 000	6,6	6 600
Huile de beurre	200	8,0	1 600
Fromage maigre	200	2,0	400
Total			8 600*
Calcul 2 d'après le rendement			
Beurre et huile de beurre (produit principal)	1 200	20	20 400*

* La différence 11 800 t, soit près de 58 p. 100, vient des sous-produits de la fabrication du beurre qui ne sont pas commercialisés

Tableau VI

Récapitulatif simplifié des équivalents lait (EL) basés sur la matière sèche et des rendements

	EL selon la MS (5,10)	Rendement (kg de lait par kg de produit)
Lait liquide entier	1	1
Lait liquide écrémé	0,7	1,1
Lait condensé non sucré	2,0	2,3-2,5
Lait condensé sucré		2,8
Fromages *		
fromages frais	2,0	3,0
autres fromages	4,4	10,0
Beurre *	6,6	20
Huile de beurre	8,0	25
Lait en poudre	7,6	7,6 ou 8,35

* Dans les cas où le type de fromage ou de beurre n'est pas connu, la moyenne est considérée

■ EXEMPLES PRATIQUES

Comparaisons internationales

Dans un premier exemple, une comparaison de la production de lait par continent est recherchée à partir des quantités de lait frais et des quantités transformées recensées par la Fao. Pour les quantités de lait frais, les quantités de lait provenant des différentes espèces animales (vache, bufflesse, brebis et chèvre) sans transformation sont additionnées (bien que la composition du lait varie selon les espèces). Pour les laits transformés, les statistiques de la Fao indiquent chaque année les quantités de fromages (de toutes sortes), de beurre et ghee, de lait évaporé et condensé, de lait de vache entier sec, de lait écrémé sec ou babeurre sec et de petit lait (lactosérum) sec produits pays par pays et continent par continent. Le détail n'est pas donné (par type de fromage par exemple). La comparaison ne peut être effectuée qu'en utilisant des EL moyens pour chaque grande catégorie. Les quantités correspondantes sont additionnées les unes aux autres pour donner un total en EL. Ces totaux peuvent être alors comparés entre eux et rapportés en pourcentage de la production mondiale. Il apparaît alors que l'Afrique ne représente que près de 2 p. 100 des laits transformés dans le monde (tableau VII).

Tableau VII

Exemple d'utilisation des EL. Comparaison des quantités de lait transformé par continent en 1996 (d'après Fao, Productions 1996) (x 1 000 t)

Produit laitier	Fromages	Beurre	Lait cond.	Lait de vache sec	Lait écrémé + babeurre secs	Petit lait sec	Total en EL
Coef EL utilisé	3,2	7,3	2,0	7,6	7,6	7,6	
Europe	7 327	2 102	1 501	1 019	1 536	1 063	69 289,8* 42,6 %
Amérique du Nord	4 091	687	1 263	143	604	578	30 702,3 18,9 %
Asie	898	2 282	868	85	244		23 768,6 14,6 %
Ex-Urss	1 023	712	544	192	576	1	15 403,6 9,5 %
Océanie	497	422	107	437	449	66	12 120,2 7,5 %
Amérique du Sud	641	181	229	482	53		7 896,5 4,9 %
Afrique	517	179	41	28	15	1	3 377,5 2,1 %
Monde	14 994	6 565	4 553	2 386	3 477	1 709	162 558,5 100,0 %

* (7 327 x 3,2) + (2 102 x 7,3) + (1 501 x 2) + ((1 019 + 1 536 + 1 063) x 7,6) = 69 289,8

Le résultat est, bien sûr, approximatif. De toutes façons, dans ce cas l'utilisation des rendements n'est pas indiquée. En effet, par exemple, le petit lait et certains fromages peuvent être produits en même temps que le beurre et seraient comptés deux fois. Rien ne permet dans les statistiques générales de distinguer les fromages produits directement à partir de lait (figure 1) de ceux qui constituent des sous-produits de la fabrication du beurre (figure 2).

L'exemple d'Addis-Abeba

Dans un deuxième exemple, il est apparu intéressant d'illustrer nos propos par le cas du marché en produits laitiers de la ville d'Addis-Abeba (Ethiopie). L'étude de ce marché amène à se poser deux questions. La première est de savoir comment l'importance globale de ce marché par rapport à d'autres villes peut être évaluée malgré l'hétérogénéité des produits laitiers. La seconde question consiste à s'interroger sur la contribution des différents systèmes de production à l'approvisionnement en produits laitiers de la ville.

Les statistiques nationales complétées par la littérature récente (3, 6, 21) permettent d'évaluer les quantités de lait et de produits laitiers consommées annuellement dans la capitale éthiopienne (tableau VIII). Le lait cru est commercialisé par les producteurs laitiers situés en zone intra-urbaine ou en périphérie proche. Le lait pasteurisé, les fromages italiens et le beurre pasteurisé sont confectionnés par des unités de transformation artisanales ou industrielles qui s'approvisionnent presque exclusivement auprès de ces producteurs urbains et périurbains. Les produits traditionnels (beurre de cuisine, beurre cosmétique et fromage caillé) sont fabriqués à la ferme dans les exploitations d'agriculture-élevage des zones rurales.

L'utilisation des coefficients de conversion en équivalent lait permet d'évaluer l'importance globale du marché de la ville selon la même méthode que dans l'exemple précédent. Un total de 75 998 t EL est obtenu. Aujourd'hui la population d'Addis-Abeba est évaluée à environ 2,5 millions d'habitants, d'où une consommation moyenne de 30,4 kg EL par habitant par an. Ce niveau de consommation est très légèrement supérieur à la moyenne des pays d'Afrique subsaharienne (26).

De plus, la part des produits laitiers traditionnels dans la consommation paraît singulièrement importante par rapport à d'autres villes d'Afrique. Ramenées à des équivalents lait, les quantités de produits laitiers commercialisés par les exploitations traditionnelles s'élèvent à environ 43 000 t EL. Ces produits contribuent donc à 57 p. 100 de l'apport en matière sèche laitière des consommateurs urbains. Les importations contribuent à 5 p. 100 de cet apport et les produits issus des exploitations urbaines à 38 p. 100.

Mais pour calculer de manière précise les quantités de lait réellement à l'origine des produits, il faut faire appel aux rendements. Les produits principaux et les chaînes de fabrication des produits et des sous-produits sont alors identifiés.

Pour les producteurs urbains et périurbains, le lait cru, le fromage italien et le beurre pasteurisé peuvent être considérés comme produits principaux des chaînes de fabrication. Pour les producteurs ruraux, le beurre sera retenu comme le produit principal des chaînes traditionnelles de fabrication.

Le tableau III donne des rendements de 1, 10 et 20 respectivement pour le lait cru, le fromage italien (type hollandais) et le beurre. Ainsi, les quantités de lait calculées réellement à l'origine des produits laitiers consommés à Addis-Abeba sont de 161,6 millions de litres par an. Les produits traditionnels représentent environ 78 p. 100 de ces quantités. La part des produits laitiers traditionnels en terme de quantité de lait réellement produites pour le marché d'Addis-Abeba (78 p. 100) est donc très supérieure à la part des produits laitiers traditionnels estimée par l'usage des coefficients de conversion en équivalent lait basés sur la matière sèche (57 p. 100).

■ CONCLUSION

Ainsi, il existe différentes méthodes de calcul des coefficients de conversion des produits laitiers en lait qui correspondent à deux types d'usage :

1. Des équivalents lait à employer lorsque tous les sous-produits possibles du lait sont considérés simultanément, par exemple à l'échelle d'un pays. Ils peuvent être additionnés les uns aux autres

Tableau VIII

Exemple d'utilisation des équivalents lait. Origines et quantités des produits laitiers consommés à Addis-Abeba en 1996-1997

Origine des produits	Types de produits	Quantités (t/an)	Quantités (t EL/an)	Quantités de lait à l'origine (millions de l)
Producteurs laitiers urbains et périurbains	Lait cru	25 000	25 000	25 000
	Lait pasteur. demi écrémé	2 000	1 400	0 (s.-p.)
	Fromages italiens	340	1 496	3 400
	Beurre pasteurisé	150	990	3 000
Producteurs ruraux traditionnels	Beurre fermier de cuisine	6 000	39 600	120 000
	Beurre fermier cosmétique	320	2 112	6 400
	Fromage caillé traditionnel	800	1 600	0 (s.-p.)
Importations	Poudre de lait	500	3 800	3 800
Total		-	75 998	161 600

s.-p. = sous-produit

Les quantités de crème fraîche et de crème glacée sont négligeables

Les quantités de yaourt et de lait fermenté sont incluses dans les quantités de lait

contrairement aux rendements. En attendant l'établissement éventuel de nouvelles normes de la Fao produit par produit (23), il est recommandé d'utiliser les normes initiales de la Fao basées sur la matière sèche (tableau VI).

2. Des rendements à utiliser pour évaluer la quantité de lait nécessaire à la fabrication d'un produit isolé ou d'un produit et de l'ensemble de ses sous-produits. Ils conviennent bien pour comparer des productions entre elles, telles que les contributions des différents systèmes de production à l'approvisionnement d'un marché en Afrique. Un certain nombre de valeurs de rendements ont été signalées dans le tableau VI.

Il faut donc veiller à être très clair et très explicite lorsqu'un coefficient est utilisé, c'est-à-dire préciser son objectif, son utilité et ses limites. Toute utilisation des équivalents lait doit être accompagnée d'une mention de la méthode choisie et des coefficients utilisés et si possible des teneurs moyennes en matières grasses, en matière sèche ou en matière sèche non grasse du lait selon le coefficient utilisé.

BIBLIOGRAPHIE

- CENTRES J.M., 1995. Stratégies de développement de la production laitière en Afrique ; tome 1, Synthèse des études. Paris, France, Gret, 121 p.
- CRAPLET C., THIBIER M., 1973. La vache laitière. Paris, France, Editions Vigot Frères, 726 p. (Traité d'élevage moderne, tome V)
- DUTEURTRE G., 1993. Etude des stratégies de développement de la production laitière en Afrique. La filière d'approvisionnement en produits laitiers de la ville d'Addis-Abeba (Ethiopie). Maisons-Alfort, France, Cirad-emvt, 112 p.
- ECK A. 1987. Le fromage. Paris, France, Technique et Documentation, Lavoisier, 539 p.
- FAO, 1978. Milk and milk products: Supply, demand and trade projections 1985. Fao Commodity projections 1985. Rome, Italy, Fao.
- GRAVIER S., 1997. Etude des transformateurs laitiers de la ville d'Addis-Abeba (Ethiopie). Montpellier, France, Cirad-emvt, 69 p. (Mémoire Dess Productions animales en régions chaudes)
- IDF (International dairy federation), 1977. International standard 68A: 1977 Anhydrous milkfat, anhydrous butteroil or anhydrous butterfat, butteroil or butterfat, ghee: standards of identity. Brussels, Belgium, IDF.
- KAMOUN M., BERGAOUI R., 1989. Un essai de production et de transformation de lait de dromadaire en Tunisie. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **42** : 113-115.
- LUQUET F.M., 1985. Lait et produits laitiers. 2. Les produits laitiers. Paris, France, Technique et Documentation, Lavoisier, 633 p. (Coll. Sciences et techniques agro-alimentaires)
- MBOGOH S.G., 1984. Dairy development and internal dairy marketing in sub-Saharan Africa: performance, policies. Addis-Abeba, Ethiopia, ILCA, 94 p. (LPU paper 5)
- METZGER R., CENTRES J.-M., THOMAS L., LAMBERT J.C., 1995. L'approvisionnement des villes africaines en lait et produits laitiers. Rome, Italie, Fao/Paris, France, Gret, 102 p. (Etude production et santé animales n° 24)
- MEYER C., DENIS J.-P. eds, 1999. Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Montpellier, France, Cirad, 316 p.
- O'CONNOR C., 1993. Traditional cheesemaking manual. Addis-Abeba, Ethiopia, ILCA, 43 p.
- O'MAHONY F., PETERS J., 1987. Techniques de traitement du lait adaptées aux petites exploitations de l'Afrique sub-saharienne. Addis-Abeba, Ethiopie, Cipea, p. 2-18. (Bulletin n° 27)
- O'MAHONY F., PETERS J., 1987. Transformation du lait. Options pour les petits producteurs. *Revue mond. Zootech.*, **62** : 16-62.
- POTTER N.N., HOTCHKISS J.H., 1995. Food science, 5th ed. Hants, UK, Chapman & Hall, 606 p.
- RAMET J.P., 1989. L'aptitude fromagère du lait de dromadaire. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **42** : 105-111.
- Résultats de contrôle laitier des espèces bovine et caprine (France - 1995), 1996. Paris, France, Institut de l'élevage, Département génétique et contrôle des performances, 49 + 17 p.
- RICHARTS E., 1994. How to calculate milk equivalents. In: International Dairy Federation (IDF) file, group C3. Brussels, Belgium, IDF, 5 p.
- RICHARTS E., MIKKELSEN P., 1996. Milk equivalents. Brussels, Belgium, IDF, p. 30-35. (Bulletin No. 309)
- STAAL S.J., 1995. Periurban dairying and public policy in Ethiopia and Kenya. PhD Dissertation, University of Florida, Gainesville, USA, 275 p.
- STEPHAN G.M., 1971. Le lait de bufflesse. Production, collecte et transport. Composition - Conservation - Commercialisation. Thèse méd. vét., Université de Créteil, Maisons-Alfort, France, 135 p.
- VAN'T RIET M., 1996. A method for consistent Milk-Equivalent figures. In : Communication à la réunion annuelle de la Fédération internationale laitière, Washington DC, USA, 12 avril 1996, 7 p. + annexes.
- VEISSEYRE R., 1975. Technologie du lait, 3^e ed. Paris, France, La Maison Rustique, 714 p.
- VON MASSOW V.H., 1990. Les importations laitières en Afrique sub-saharienne : problèmes, politiques et perspectives. Addis-Abeba, Cipea, 52 p. (Rapport de recherche n° 17)
- WALSHE M.J., GRINDLE J., NELL A., BACHMANN M., 1991. Dairy development in sub-Saharan Africa. Washington DC, USA, The World Bank, 94 p.

Reçu le 5.2.98, accepté le 15.10.98

Summary

Meyer C., Duteurtre G. Milk equivalent and yield of milk products. Calculation methods and use

For statistical purposes, it may be sometimes useful when comparing milk product amounts with one another to use their milk equivalent (ME) amounts. This can be accomplished via coefficients of conversion. The coefficients vary depending on whether the calculation method is based on milk and milk product composition, i.e. ME, or the efficiency of milk product process (yield). In subsector analyses yields of milk products and byproducts allow to estimate the original amount of milk needed. The amount of milk needed to process a milk product cannot be added to that of its byproducts. Yield values are about 5 for fresh cheeses, 7.6 for milk powder, 10 for dry cheeses, 22 for butter, 25 for butteroil. However, MEs are generally used on a larger scale to compare markets and these values can then be added to one another. They are nonetheless underestimated since not all products and byproducts are systematically put on the market, nor included in statistics. MEs used the most with the least difficulty are those based on solid contents. Their values are about 2 for condensed milk, 2 for fresh cheeses, 4.4 for dry cheeses, 6.6 for solid butter, 8 for butteroil and 7.6 for milk powder. They are, however, always biased as are other coefficients based on fat content, nonfat solids or combined. When these coefficients are used, the chosen method and used coefficients must always be mentioned.

Key words: Milk - Milk product - Butter - Cheese - Milk byproduct - Yield - Statistical method - Ethiopia - Africa.

Resumen

Meyer C., Duteurtre G. Equivalentes en leche y rendimientos en productos lácteos: formas de cálculo y utilización

Algunas veces, para usos estadísticos, puede ser útil comparar cantidades de productos lácteos entre ellas, nivelándolas concantidades equivalentes de leche. Para esto, se utilizan coeficientes de conversión. Los coeficientes difieren según el tipo de cálculo, basado sobre la composición de leche y de los productos lácteos (equivalente en leche) o sobre la eficiencia de los tipos de fabricación (rendimiento). De manera que los rendimientos de los productos y de los sub productos de leche sirven en los estudios de filial para estimar la producción de leche original. Las cantidades de leche correspondientes a un producto lácteo no se suman a las correspondientes de los subproductos. El valor es del orden de 5 para los quesos frescos, 7,6 para la leche en polvo, 10 para los quesos secos, 22 para la mantequilla, 25 para el aceite de mantequilla (mantequilla líquida). Por el contrario, los equivalentes en leche propiamente dichos son generalmente utilizados en una escala más amplia para comparar los mercados y las cantidades obtenidas pueden sumarse entre ellas. Sin embargo, estas son sub estimadas, porque no todos los productos y los sub productos son siempre comercializados o tomados en cuenta en las estadísticas. Los equivalentes en leche más utilizados y los que presentan menor problema son aquellos basados sobre la materia seca. El valor es del orden de 2 para las leches condensadas, 2 para los quesos frescos, 4,4 para los quesos secos, 6,6 para la mantequilla sólida, 8 para el aceite de mantequilla y 7,6 para las leches en polvo. Pero al igual que los otros coeficientes basados en la materia grasa, la materia seca no grasa o combinada, éstos se encuentran siempre alterados. Al estos coeficientes, siempre debe mencionarse el método escogido y los coeficientes utilizados.

Palabras clave: Leche - Producto lacteo - Mantequilla - Queso - Subproducto de la leche - Composición - Rendimiento - Método estadístico - Etiopia - Africa.