

Potentiel quantitatif de valorisation du petit-lait dans l'alimentation humaine en Suisse

Katrin Kopf-Bolanz¹, Walter Bisig², Niels Jungbluth³ et Christoph Denkel¹

¹Haute école spécialisée bernoise, Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL, 3052 Zollikofen, Suisse

²Agroscope, Institut des sciences en denrées alimentaires IDA, 3003 Berne, Suisse

³ESU-services GmbH- bilan écologique et conseil, 8050 Zurich, Suisse

Renseignements: Katrin Kopf-Bolanz, e-mail: katrin.kopf@bfh.ch



Vacherin avec petit-lait.

Introduction

En Suisse, la production laitière s'élève à près de 3 400 000 t par an (TSM Fiduciaire Sàrl), dont environ 43 % ont été transformés en fromage en 2013, produisant environ 1 300 000 t de petit-lait (TSM Fiduciaire Sàrl, 2013). Le petit-lait est le liquide jaunâtre qui reste après la coagulation par la présure, par d'autres enzymes ou par acidification des protéines contenues dans le lait (Green 1977). Le petit-lait contient encore environ la moitié de la matière sèche du lait (Kammerlehner 2003). Il est prin-

cipalement composé de lactose et de protéines de petit-lait physiologiquement intéressantes. La valeur biologique des protéines du petit-lait est supérieure de 15 % à celle de l'œuf. Leur teneur élevée en acides aminés à chaînes ramifiées prévient la dégradation des protéines musculaires et favorise la synthèse de ces dernières (Bawa 2007). C'est pourquoi elles sont appréciées par les adeptes des sports de force.

Le petit-lait résulte en principe de la précipitation sélective de la caséine du lait, par exemple durant le caillage. Le type de précipitation influe sur la composition

et les possibilités ultérieures d'utilisation du petit-lait. Le petit-lait doux, dont le pH est supérieur à 6,0 (Wehrmüller *et al.* 2011) se forme suite à l'utilisation de présure (chymosine ou enzyme protéolytique produite à partir de microorganismes); celle-ci sépare les glycomacropéptides des micelles de caséine et provoque ainsi la coagulation du lait (Kumar *et al.* 2010). Toutefois, si le lait est caillé principalement par une diminution de pH sous l'effet de bactéries lactiques, comme pour le séré, le lait acidulé et le cottage cheese, il se forme du petit-lait acide (pH inférieur à 6,0) difficilement utilisable. Le pH est l'un des principaux facteurs influant sur les possibilités de valorisation du petit-lait.

Mise en valeur du petit-lait en Suisse

En Suisse, le petit-lait était autrefois surtout utilisé tel quel comme source d'énergie et de protéines dans l'élevage et l'engraissement des porcs, ainsi que dans l'élevage des veaux (Amrein *et al.* 2006; Stoll 2007). Actuellement, en plus du petit-lait brut, on utilise des concentrés de protéines de petit-lait (WPC 35, concentré enrichi en protéine et appauvri en lactose dans le but d'obtenir une matière sèche composée à 35 % de protéine), sous forme humide ou déshydratée. Dans l'élevage, les porcelets et les veaux ont besoin de sources de protéines de valeur élevée. Les porcs peuvent par contre être engraisés principalement aux céréales, le choix de l'une ou l'autre option dépendant principalement du prix de l'aliment. Le petit-lait jusqu'ici utilisé tel quel dans l'affouragement des porcs pourrait en principe être transformé pour l'alimentation humaine, et possède de ce fait un important potentiel de valorisation.

Les estimations suivantes ressortent des entretiens réalisés avec l'industrie: en Suisse, environ 45 % du petit-lait sont utilisés directement dans l'alimentation des porcs. Quelque 13 % sont exportés, 31 % sont transformés en aliments fourragers de valeur et 10 % en poudre de petit-lait et en poudre de protéines de petit-lait des- ➤

Résumé La fabrication du fromage génère annuellement en Suisse 1 300 000 t de petit-lait, dont 24 % sont déjà utilisés pour l'alimentation humaine, 31 % transformés en aliments fourragers de valeur et 45 % distribués directement aux porcs. Une augmentation de l'utilisation du petit-lait dans les denrées alimentaires est souhaitable, mais elle se heurte à la production décentralisée de petites quantités, gourmande en capacités de transport. Par ailleurs, la composition des petits-laits est hétérogène en raison des divers modes de fabrication du fromage, ce qui complique leur transformation du point de vue technique et rend difficile l'obtention de poudres de protéines de petit-lait aux propriétés homogènes. Ce problème pourrait être résolu par l'obtention d'un petit-lait «idéal», qui nécessiterait toutefois une modification des modes de production du fromage dont l'impact économique reste à chiffrer. Les estimations montrent que l'impact économique peut être positif ou négatif en fonction du niveau de concentration des protéines et du degré d'élimination du lactose. On ne dispose que de peu d'informations sur les associations que le terme «petit-lait» suggère chez les consommateurs et on ignore à quoi pourrait ressembler une stratégie visant à augmenter la consommation de protéines du petit-lait.

Tableau 1 | Utilisation du petit-lait en 2014 (aperçu)

	Volumes en t		
	6,4 % MS	100 % MS	%
1) Affouragement liquide des porcs (surtout engraissement)	587 000	37 500	45 %
2) Aliments fourragers de valeur (élevage veaux et porcelets)	397 000	25 500	31 %
3) Denrées alimentaires transformées en Suisse	130 000	8 300	10 %
4) Exportations pour denrées alimentaires	172 000	11 000	13 %
5) Utilisation par les fromageries (sérac, ricotta, boissons, pertes)	19 000	1 200	1 %
Total	1 305 000	83 500	100 %
Part alimentaire: 3) – 5)			24 %

Légende: MS = matière sèche.

Tableau 2 | Utilisation du petit-lait comme aliment fourrager de valeur (principalement estimations; MS: matière sèche; WPC 35: concentré de protéines de petit-lait, 35 g prot./100 g MS)

	Vol. petit-lait (t)		Vol. produit (t)
	MS 6,4 %	MS 100 %	
Lait pour veaux sous forme liquide	250 000	16 000	
Industrie fourragère poudre de petit-lait	56 400	3 600	3 700
Industrie fourragère poudre WPC 35	90 300	5 800	1 900
Produit couplé (avec WPC 35) calculé en lactose			3 400*
Total petit-lait pour aliment fourrager de valeur	396 700	25 400	

*Vendu jusqu'ici comme perméat ou poudre de perméat ou transformé en biogaz par fermentation anaérobie.

tinées à l'alimentation humaine (tabl. 1). Une infime partie (1 %) est transformée directement dans les fromageries (sérac). Le tableau 2 montre les détails de l'utilisation du petit-lait comme aliment fourrager de valeur principalement pour l'élevage des porcelets et des veaux. Sous-produit de la transformation du petit-lait, le lactose est vendu sous forme de poudre de perméat, mais une grande partie est fermentée pour la production de biogaz. S'agissant de l'utilisation du petit-lait dans la production de denrées alimentaires, le WPC 65 (*whey protein concentrate*, 65 % protéines dans la MS) joue le rôle le plus important, notamment comme additif dans la fabrication des yogourts.

Substitution des protéines lactiques: impact écologique

L'utilisation pour l'alimentation humaine du petit-lait jusqu'ici destiné à l'engraissement des porcs aurait un impact sur l'environnement. D'une part il faudrait transformer ce petit-lait, ce qui impliquerait un accroissement de la consommation d'énergie, et d'autre part cela ferait augmenter les volumes de sérum aprotéique qu'il faudrait alors valoriser autrement ou éliminer. Pour estimer cet impact, la charge écologique des deux scénarios de la figure 1 a été analysée d'après la méthode de la saturation écologique (Frischknecht *et al.* 2013). Les deux scénarios

se basent sur les hypothèses suivantes concernant la situation actuelle: petit-lait liquide distribué aux porcs, orge importée de France; petit-lait déshydraté pour l'alimentation humaine; perméat éliminé avec les eaux usées. Les deux scénarios diffèrent de par la composition des produits à obtenir: d'un côté de la poudre de petit-lait, et de l'autre de la poudre de concentré protéique de petit-lait. Les deux scénarios sont comparés sur la base du volume estimé de poudre de lait écrémé qui pourrait être remplacé par les produits à base de petit-lait. Comme une grande quantité de lactose en a été éliminée, le WPC 65 ne peut pas remplacer autant de poudre de lait écrémé qu'un mélange de poudre de petit-lait et de WPC 35.

Les quantités de poudre de lait maigre remplacées sont donc très différentes dans les deux cas, ce qui explique également les différents impacts écologiques calculés pour la situation actuelle.

Si le petit-lait est transformé à parts égales en poudre de petit-lait et en WPC 35, et que l'on peut ainsi remplacer 28 100 t de poudre de lait écrémé (hypothèse: 1 g de poudre de petit-lait/WPC 35 peut remplacer 1 g de poudre de lait écrémé), ce scénario débouche sur une économie de 312 200 t de lait (calculé d'après Pearce 2014). Le principal facteur de réduction des points d'éco- ➤

Tableau 3 | Utilisation du petit-lait dans la production alimentaire (principalement estimations; MS: matière sèche; WPC 60/65: concentré de protéines de petit-lait, 60/65 g protéines/100 g MS)

	Vol. petit-lait (t)		Vol. produit (t)
	MS 6,4 %	MS 100 %	
Poudre de petit-lait pour l'industrie	8 100	500	500
WPC 65 pour fabrication de yogourts (WPC 60, calculé avec WPC 65)	121 600	7 800	1 100
Produit couplé (avec WPC) calculé en lactose			5 600*
Total petit-lait en poudre pour l'industrie alimentaire CH	129 700	8 300	

*Vendu jusqu'ici comme perméat ou poudre de perméat ou transformé en biogaz par fermentation anaérobie.

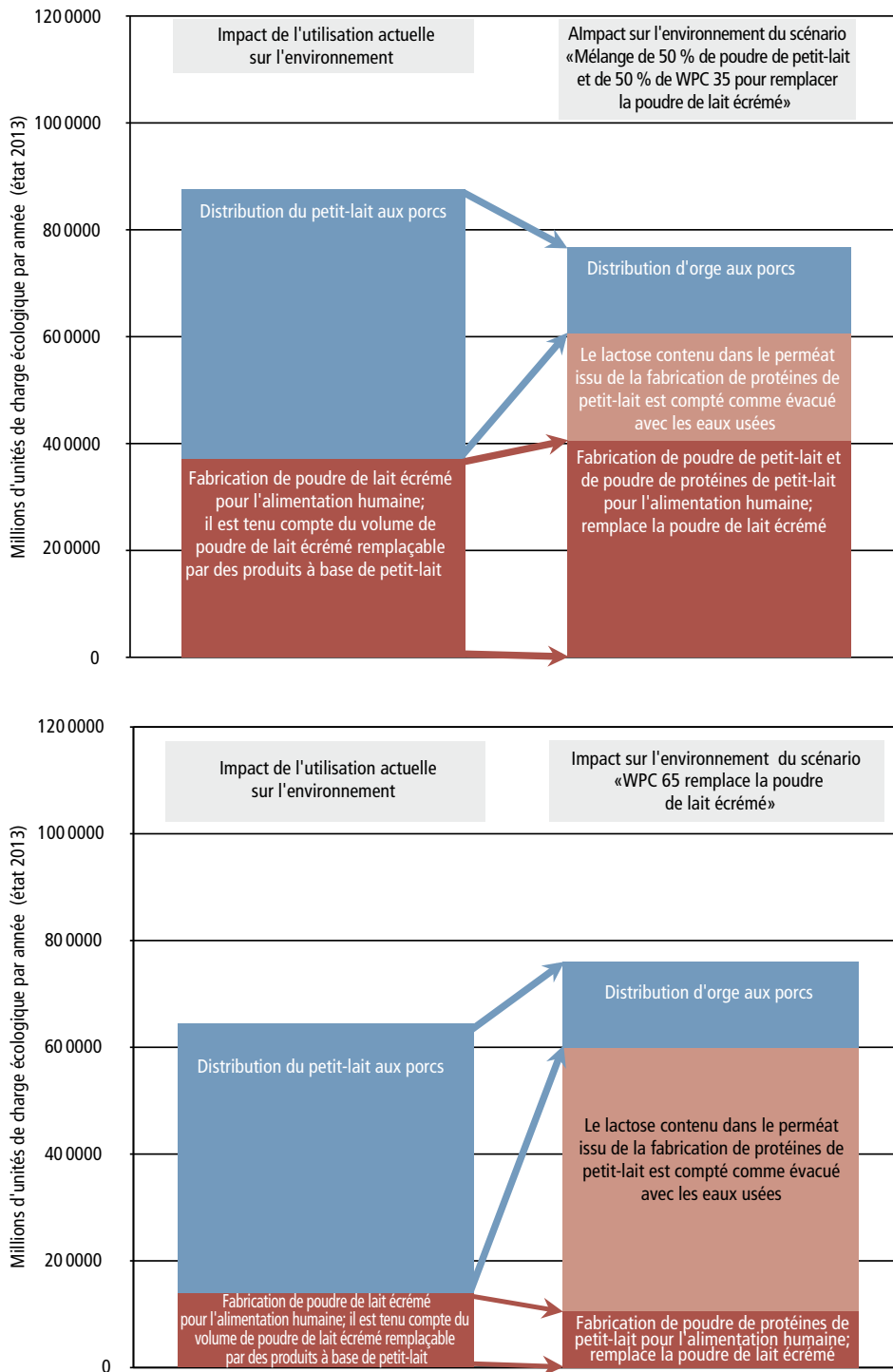


Figure 1 | Comparaison de l'impact écologique dans la situation actuelle et en cas de meilleure valorisation du petit-lait.

Comparaison de deux scénarios en fonction du pourcentage des intrants et extrants pris en considération.

Situation actuelle: 50 % du petit-lait distribué sous forme liquide aux porcs et fabrication de poudre de lait écrémé pour l'alimentation humaine (tabl. 1).

Scénario 1: «Mélange de 50 % de poudre de petit-lait et de 50 % de WPC 35 pour remplacer la poudre de lait écrémé»: poudre de lait remplacée 1:1.

Scénario 2: «WPC 65 remplace la poudre de lait écrémé»: 1 g de poudre de lait écrémé est remplacé par 0,56 g de WPC 65.

Orge importée de France: l'orge française remplace le petit-lait dans l'engraissement des porcs. Petit-lait dans perméat: perméat riche en lactose et petit-lait non transformé en poudre.

Petit-lait affouragé: dans l'engraissement des porcs.

Perméat éliminé avec les eaux usées: élimination du perméat riche en lactose.

Fabrication de poudre: la situation actuelle correspond à la fabrication de poudre de lait écrémé pour l'alimentation humaine, la fabrication de poudre pour valoriser le petit-lait correspond à la poudre de petit-lait et à la poudre de protéine de petit-lait, qui remplacent la poudre de lait écrémé dans l'alimentation humaine.

Charge écologique: du produit brut au produit fini, l'impact du transport du petit-lait destiné à la transformation n'est pas pris en compte.



Figure 2 | Installation de filtration membranaire.

bilan est la diminution du volume de lait brut permise par la substitution de la poudre de lait écrémé, et par conséquent de l'utilisation des ressources nécessaires à sa production (surfaces, contribution au changement climatique, pollution des eaux, énergie, etc.). Les dépenses supplémentaires entraînées par l'orge pour l'engraissement des porcs, la transformation en poudre d'une grande partie du petit-lait et la production supplémentaire de perméat riche en lactose (éliminé avec les eaux usées dans le calcul), réduisent certes l'effet de l'économie de lait, mais le solde net est une réduction de l'impact écologique. En revanche, si l'on transforme ce petit-lait en WPC 65 (second scénario), l'impact sur l'environnement montre une progression arithmétique. En supposant qu'1 g de WPC 65 soit substitué à 1,8 g de poudre de lait écrémé, on pourrait remplacer 10600 t de poudre de lait écrémé, ce qui correspond à 118000 t de lait. A noter que ce sont principalement la séparation et l'élimination du perméat riche en lactose qui peuvent provoquer une aggravation de l'impact écologique.

Le calcul de l'impact écologique est une estimation principalement basée sur la littérature, qui doit encore être affinée en raison de quelques incertitudes. Ainsi, les facteurs de substitution ont été calculés en fonction de la teneur quantitative de la poudre en protéines. Par ailleurs, le degré de réalisme d'une substitution basée uniquement sur des quantités a volontairement été négligé (en raison de leurs fonctionnalités différentes, il n'est en effet pas toujours possible de substituer entièrement une protéine à une autre). En outre, on ne sait pas clairement quelles quantités de quels concentrés de protéines de petit-lait sont nécessaires à la production de denrées alimentaires. Plus le produit est appauvri en lactose, plus l'impact écologique est important par rapport au mode de mise en valeur actuel. La mise en valeur du perméat de petit-lait produit lors de la concentration protéique influe considérablement sur le calcul de l'impact écologique. L'hypothèse retenue d'élimination avec les eaux usées représente le pire des cas. Si ce perméat peut être valorisé (biogaz, retour dans l'alimentation

pour les porcs) l'impact diminue. En l'état de nos connaissances, la fermentation pour la production de biogaz est une forme de valorisation pratiquée, si bien que l'on peut admettre que les atteintes à l'environnement calculées dans la figure 1 sont plutôt plus élevées que les valeurs réelles.

Stratégies pour limiter la production de petit-lait

Une des principales approches pour réduire la production de petit-lait est la concentration du lait par une technique membranaire (fig. 2) avant sa transformation en fromage. On peut soit concentrer le lait par ultrafiltration pour en éliminer le sérum aprotéique, soit produire un petit-lait «idéal» par microfiltration en concentrant sélectivement la caséine. Un tel petit-lait ne contient ni constituants de la caséine (glycomacropéptides), ni présure, ni bactéries lactiques, et son pH est identique à celui du lait. Alors que l'enrichissement en caséine est une variante pratiquée au moins par quelques fromageries, une concentration globale ne s'est pas imposée en raison des modifications des propriétés des fromages classiques qu'elle implique, notamment une augmentation des concentrations de sels minéraux dans la pâte, désavantageuse du point de vue sensoriel. Avec un facteur quantitatif cent fois inférieur, limiter la production de petit-lait acide dans la fabrication de séré ne présente qu'un intérêt mineur. Comme dans la production fromagère, le lait peut être préconcentré par ultrafiltration, mais un séré produit de cette manière risque également de présenter des défauts sensoriels en raison de sa teneur plus élevée en sels minéraux.

Enjeux de l'augmentation de la plus-value

Les structures fromagères suisses constituent le principal obstacle à une meilleure valorisation du petit-lait. Elles sont en effet caractérisées par un grand nombre de petites fromageries artisanales (environ $\frac{2}{3}$ de la production de petit-lait) et quelques grandes fromageries industrielles. Alors que le petit-lait des grandes fromageries industrielles est principalement transformé, celui des fromageries artisanales est souvent utilisé directement dans l'affouragement des animaux. En raison de sa forte teneur en eau et de son prix très bas par rapport au lait, les frais de transport jouent un rôle important dans la décision sur la transformation du petit-lait. Économiquement parlant, il est indispensable de concentrer le petit-lait sur place avant de le transporter pour transformation. Par rapprochement avec des informations sur la mise en valeur industrielle du petit-lait dans les pays voisins, on peut estimer que c'est seulement à partir d'une production annuelle de 12000 t de petit-lait que la pasteurisation, la préconcentration et le transport de

ce produit peuvent être rentables. Or, la quantité moyenne de lait transformée par les fromageries suisses s'est élevée en 2012 à 2900 t, soit une production de petit-lait de 2500 t. La structure fromagère orientée sur la fabrication locale de fromages au lait cru est donc peu propice à l'utilisation industrielle du petit-lait. Un facteur essentiel pour l'amélioration de la valorisation du petit-lait dans l'alimentation humaine pourrait être la hausse déjà en cours du prix mondial des protéines lactiques due à l'augmentation de la demande dans les pays émergents fortement peuplés comme la Chine (aliments pour nourrissons, etc.) La réduction du nombre de fromageries en Suisse, l'augmentation du volume de lait transformé par fromagerie et la hausse consécutive des volumes locaux de petit-lait pourraient favoriser la mise en valeur industrielle de ce dernier. Il existe déjà des centres régionaux de concentration, qui traitent le petit-lait de plusieurs fromageries, le faisant passer d'environ 6 % MS à 18 % MS. Le petit-lait concentré est ensuite utilisé pour la fabrication de fourrage pour les veaux.

Outre les problèmes économiques, il existe aussi des problèmes concernant l'aptitude à la transformation et la constance des propriétés du produit. Quand on aura compris l'impact de la diversité de la composition du petit-lait brut sur l'aptitude à la transformation et les propriétés du produit, la mise en valeur industrielle du petit-lait pour l'alimentation humaine en Suisse fera de grands progrès. Ce sont probablement la fraction ionique, le pH et les divers sous-produits de la fermentation qui compliquent la valorisation du petit-lait brut. Dans la production de fromages frais, en particulier, il faudrait veiller systématiquement à obtenir un petit-lait idéal, en séparant une partie des protéines du petit-lait avant la transformation du lait proprement dite. On ne sait pas quel est actuellement le degré d'exploitation de ce potentiel. L'obtention de petit-lait idéal impliquerait une modification du procédé de fabrication du fromage, ce qui nécessiterait des travaux de recherche et de développement supplémentaires. Outre l'amélioration de l'efficacité de la transformation du petit-lait classique, l'augmentation des quantités de petit-lait idéal produites offre le potentiel de valorisation le plus important. Dans ce contexte, il faudrait toutefois étudier à quelles conditions une telle stratégie se justifierait économiquement.

Cela signifie enfin qu'en raison des conditions économiques et des exigences spécifiques, la mise en valeur du petit-lait sous forme de poudre de protéines ou d'autres produits n'est pas toujours envisageable. Les alternatives classiques sont la production de sérac ou de ricotta. Très irréaliste dans le contexte actuel, la transformation

en sérac et en ricotta de la totalité du petit-lait doux distribué aux porcs supposerait, sur la base d'un volume annuel de protéines de petit-lait de 41 700 t pour un rendement de 75 % lors de la transformation et d'une population suisse de 8,14 millions d'habitants, une consommation supplémentaire de protéines de petit-lait de 14 g par personne et par jour, soit l'équivalent de 131,5 g de sérac, 440 g de lait, 375 g de yogourt ou 135 g de séré maigre. Or en 2013, la consommation de sérac et de ricotta était estimée à 3 g par personne et par jour, celle de yogourt à 50 g, celle de lait de consommation à 184 g et celle de séré à moins de 5 g. Sur la base de la consommation actuelle de sérac/ricotta, un marketing intensif permettrait probablement une augmentation des ventes, mais il ne serait guère possible de pousser la consommation totale jusqu'à atteindre les volumes nécessaires. L'exemple des pâtes farcies à la ricotta montre que le goût des produits au petit-lait est en principe accepté par le consommateur. Ce qu'on ignore en revanche, c'est jusqu'à quel point ce même consommateur sait que la ricotta est composée en partie de protéines de petit-lait. Un autre facteur d'augmentation de la consommation pourrait être le marketing-santé et le repositionnement des protéines de petit-lait auprès des consommateurs de protéines du lait. La qualité nutritionnelle des protéines du petit-lait est encore largement méconnue, ce d'autant que le petit-lait a été et est encore souvent considéré comme un déchet. De nouveaux produits laitiers riches en protéines de petit-lait ont actuellement du succès dans les supermarchés des États-Unis et de Grande-Bretagne. Leur promotion n'est toutefois pas basée sur leur enrichissement en protéines du petit-lait, mais simplement en protéines ou en protéines lactiques. Il s'ensuit que les stratégies de valorisation du petit-lait doivent être axées en premier lieu sur le remplacement de la fraction de protéine lactique totale ou de la caséine dans divers produits.

Les intérêts particuliers de nombreux petits groupes de consommateurs sont aussi un obstacle en raison de la progression de la mondialisation et de l'ouverture des marchés. Mentionnons les végétariens stricts, qui refusent les produits obtenus avec de la présure animale, et les consommateurs d'autres milieux culturels, dans lesquels le mode d'abattage (halal) ou le mode d'abattage et de consommation (cashier) sont importants. Le remplacement de la présure de caillette de veau par un substitut (non-OGM) obtenu à partir de microorganismes pourrait donc constituer une chance pour les fromages industriels (produits prêts à la consommation) ou les fromages à pâte cuite à 52 °C et plus tels que Le Gruyère, l'Emmentaler ou le Sbrinz. Cela permettrait aux producteurs de fabriquer des fromages, et d'obtenir

par conséquent, du petit-lait répondant aux besoins de groupes cibles particuliers et qui, en cas de production suffisante, pourraient être vendus à un prix supérieur en Suisse.

Conclusions

Du point de vue de la technologie des denrées alimentaires, les options limitant la production du petit-lait ou mettant ce dernier en valeur permettraient d'utiliser la matière première lait de façon plus rentable. L'obtention de petit-lait idéal grâce à la microfiltration pourrait apporter des améliorations. Elle nécessiterait des modifications des procédés de transformation du lait, dont l'importance économique est encore à chiffrer. Des connaissances supplémentaires sur les propriétés fonctionnelles et l'aptitude technique à la transformation du petit-lait issu de la production fromagère traditionnelle seraient un progrès considérable. Un des principaux obstacles au développement de l'utilisation du petit-lait dans le secteur alimentaire est la structure des fromageries avec production décentralisée de petites quantités de petit-laits de compositions différentes, imposée par la stratégie des fromages au lait cru. Une préconcentration dans des centres régionaux augmente déjà la rentabilité du petit-lait dans la pratique. Vu la modestie des quantités consommées, la production de sérac ou de ricotta ne saurait être qu'une solution complémentaire. Les modifications nécessaires à l'amélioration qualitative du petit-lait pourraient, considérées isolément, provoquer une hausse des coûts qui serait toutefois plus que compensée par l'augmentation déjà en cours du prix du petit-lait. Une analyse complète de la chaîne de valeur du petit-lait et des protéines du petit-lait serait nécessaire du triple point de vue économique, technologique et nutritionnel, en lien avec la compréhension par le consommateur des termes «petit-lait», «protéines du petit-lait» et «protéines du lait». ■

Riassunto**Potenziale quantitativo del recupero del siero nelle derrate alimentari svizzere**

In Svizzera, dalla produzione del formaggio si ottengono 1 300 000 t di siero all'anno. Il 24 per cento è già usato per scopi alimentari, il 31 per cento viene trasformato in alimenti per animali di migliore qualità e il restante 45 per cento viene somministrato direttamente ai suini. Un maggiore impiego del siero nelle derrate alimentari è auspicabile, tuttavia viene ostacolato dalla produzione decentralizzata di quantità relativamente piccole, il cui trasporto risulta oneroso. A seconda del processo di lavorazione del formaggio, inoltre, la composizione dei tipi di siero è eterogenea, aspetto che comporta difficoltà dal punto di vista tecnico della sua trasformazione e complica la produzione di proteine di siero di latte in polvere dalle caratteristiche sempre uguali. Questo problema potrebbe essere aggirato ottenendo un siero «ideale», che tuttavia richiederebbe modifiche ai processi di produzione del formaggio, senza contare che resta da soppesarne l'aspetto economico. Per quanto riguarda la valutazione dell'impatto ambientale emerge che vi possono essere effetti positivi o negativi, a seconda del livello di concentrazione di proteine e/o del grado di estrazione del lattosio. Nel complesso, si sa poco sulle associazioni che il termine «siero» evoca nei consumatori e su quale potrebbe essere una strategia efficace per incrementare la quantità consumata di proteine di siero.

Bibliographie

- Amrein R., Fagnière C. & Thomet A., 2006. Molkeverwertung. *ALP forum* 29, 1–16.
- Bawa S., 2007. Functional properties of whey and its components as ergogenic aids in sports. *AgroFOOD* 18 (2), 55–59.
- Frischknecht R., Büsler Knöpfel S., Flury K. & Stucki M., 2013. Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit: Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz. Umwelt-Wissen Nr. 1330. treeze und ESU-services GmbH im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU), Bern, abgerufen von: www.bafu.admin.ch/uw-1330-d [18.02.2015]
- Green M., 1977. Review of the progress of dairy science: Milk coagulants. *Journal of Dairy Research* 44 (1), 159–188.
- Kammerlehner J., 2003. Käsetechnologie. Freisinger Künstlerpresse, Freising, 896 p.

Summary**Potential of whey as a food constituent in Switzerland**

Each year, 1 300 000 tons of whey occur in Switzerland as a by-product of cheesemaking: 24 % is used in the food industry, 31 % is transformed into high-value animal feed and 45 % is fed directly to pigs. Increasing the percentage made into foodstuffs would be desirable but is difficult to realize because production is scattered and concentrating the many small amounts of whey is transport intensive. Moreover, the composition of the whey varies according to the type of cheese manufactured, which complicates processing and makes it difficult to obtain milk protein powder with constant properties. Producing «ideal» whey would allow circumventing the problem but would require changing the cheese production processes. The economic impact of such a step has not yet been calculated. Estimates of the environmental impact can be positive or negative depending on the protein concentration and the lactose removal. Only little is known about the associations that the word «whey» evokes for consumers, and a strategy allowing to increase the amounts consumed remains to be defined.

Key words: whey, valorization, whey processing, environmental assessment.

- Kumar A., Grover S., Sharma J. & Batish V. K., 2010. Chymosin and other milk coagulants: sources and biotechnological interventions. *Critical Reviews in Biotechnology* 30 (4), 243–258.
- Pearce K. N., 2014. Milk powder. Dairy Chemistry, Food Science Section, New Zealand Dairy Research Institute. Accès: <http://nzic.org.nz/Chem-Processes/dairy/3C.pdf> [18.02.2015].
- Stoll W., 2007. Gras im Fokus der Wiederkäuerfütterung. *Agrarforschung* 14 (8), 331.
- Swissmilk, 2013. Milchwirtschaft in Zahlen.
- TSM Treuhand GmbH, 2014. Statistik des Schweizer Milchmarktes – Zahlen 2013.
- Wehrmüller K., Sieber R. & Walther B., 2011. Molke in der menschlichen Ernährung - ein Nahrungsmittel mit viel Potential (Teil1). *Die Milchwirtschaft* 2 (2), 40–46.