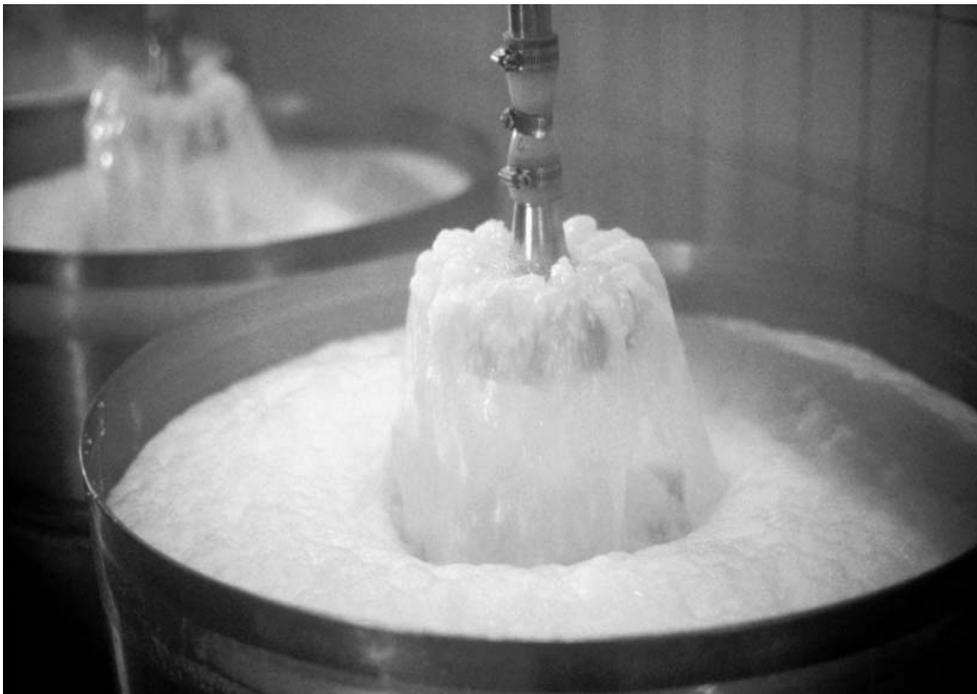


ALP forum 2006, n° 29 f

LA MISE EN VALEUR DU PETIT-LAIT

Groupes de discussion



Sommaire

1	Introduction	3
2	Qu'est-ce que le petit-lait ?	3
3	Mise en valeur du petit-lait par l'industrie	5
3.1	Obtention de concentré de protéines de petit-lait	5
3.2	Production de lactose à partir de perméat d'ultrafiltration	6
3.3	Production de sirop de sucre	6
3.4	Utilisation des composants du petit-lait	6
3.5	Aspects nutritionnels et pour la santé	7
4	Mise en valeur du petit-lait pour les fromageries villageoises et les alpages	7
4.1	Production d'énergie à partir de petit-lait	8
4.1.1	Production de bioéthanol	8
4.1.2	Production de biogaz	8
4.2	Elimination du petit-lait par compostage	11
4.3	Affouragement de petit-lait	11
4.3.1	Affouragement aux porcs	11
4.3.2	Affouragement de petit-lait à des ruminants	12
4.4	Mise en valeur des protéines du petit-lait	13
5	La concentration du petit-lait en fromagerie	13
5.1	Nanofiltration et osmose inverse	13
5.2	Exemple pratique	14
6	Conclusions	16

1 Introduction

Le petit-lait est un sous-produit issu de la fabrication du fromage. En Suisse, chaque année, on produit près de 1,3 millions de tonnes de lactosérum, un liquide de couleur jaune-verdâtre. Actuellement, environ 0,9 million de tonne est distribué aux porcs et 100'000 tonnes doivent être recyclées à travers différents canaux (lisier, production de biogaz, compostage, évacuation, etc.). C'est la raison pour laquelle, les personnes de la branche qualifient volontiers ledit liquide de sous-produit d'autant plus que le transformateur touche au maximum 10-20 francs par livraison destinée à l'alimentation animale. Pour son évacuation de la fromagerie, il faut compter 20-40 francs par tonne de petit-lait liquide. Avec les changements de structures opérés dans le domaine de l'économie fromagère, la «question du petit-lait» figure à nouveau dans le point de mire de la recherche et de la pratique. On cherche également à savoir si, à long terme, les fabricants de fromage pourraient gagner davantage d'argent avec le petit-lait. Autrefois, pour l'économie fromagère indigène, le petit-lait représentait plutôt un „facteur de coût“ peu apprécié qu'une matière première noble pour la transformation.

Les perspectives économiques de la mise en valeur du petit-lait en Suisse sont-elles vraiment aussi mauvaises? La comparaison avec le développement à l'étranger au cours des dernières années montre en fait une tout autre image: en Amérique du Nord et en Europe occidentale, au cours de la dernière décennie, la valeur du petit-lait est passée de celle d'un sous-produit à celle de matière première idéale pour des produits taillés sur mesure. Si, en 1970, dans les pays de l'UE, seuls 5% du petit-lait produit étaient transformés en aliments, en 2000, on atteignait déjà 50% et pour 2010 les experts de l'UE estiment que l'on devrait atteindre 70%. En Allemagne, les nouveaux produits innovateurs à base de petit-lait sont en pleine expansion ces dernières années (Herbertz, 2004).

La discussion doit permettre de mettre en évidence les propriétés et les effets positifs du petit-lait et de ses composants ainsi que d'intéressantes possibilités et procédés permettant d'obtenir une meilleure rentabilité pour l'économie fromagère. **Le petit-lait ou lactosérum est prédestiné à être utilisé en tant que matière première pour l'obtention d'aliments innovateurs, fonctionnels et sains.**

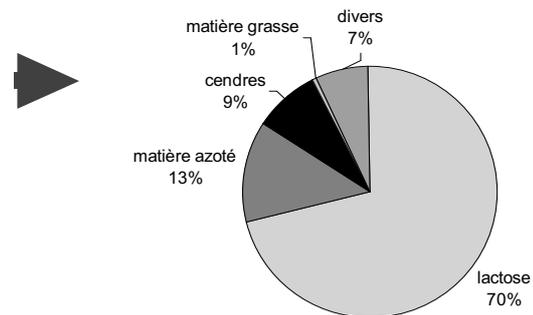
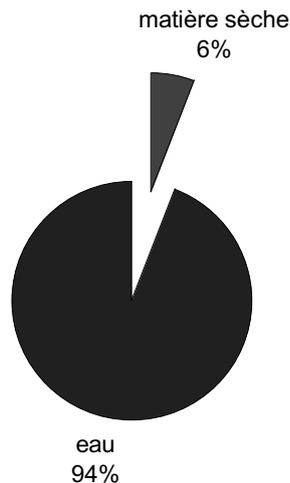
2 Qu'est-ce que le petit-lait?

Voilà tout d'abord, en guise d'introduction, quelques rappels au sujet de la composition du petit-lait. Les valeurs présentées ci-dessous sont néanmoins indicatives car elles peuvent varier en fonction de la sorte de fromage produit. Le dé lacto-sage dilue le petit-lait par exemple. Il faut aussi

différencier entre le petit-lait acide (pH 4.5-4.7) provenant de la production de fromage avec une coagulation principalement acide (fromages frais) et le petit-lait doux (pH 6.2-6.6) provenant de la production de fromage avec coagulation par la présure.

Composants	Concentration [g/kg]	
	Petit-lait acide	Petit-lait doux
Matière sèche	65	65
Protéines	6.0	6.2
Azote non protéique	2.2	2.4
Lactose	40	47
Graisse	0.3	0.5
Minéraux (cendres)	7.9	5.3
Calcium (Ca)	1.6	0.6
Phosphore (P)	1.0	0.7
Acide lactique	0.6	0.2

Source: Kammerlehner 2003, Käse-Technologie



La concentration des substances nutritives dans le petit-lait peut être représentée sous forme de quatre niveaux de concentration. Les protéines lactoglobuline β , lactalbumine α , sérumalbumine, immunoglobuline G et la protéose-peptone sont présentes dans une concentration de l'ordre du gramme ainsi que le lactose, la graisse de lait, l'acide lactique et l'acide citrique en tant qu'acides organiques et les sels minéraux tels que le calcium, le magnésium, le phosphore, le potassium, le chlorure et le sodium. Dans une concentration de l'ordre du milligramme, on trouve les protéines mineures telles que les immunoglobulines et la lactoferrine, les vitamines hydrosolubles du petit-lait et les composants de l'azote non protéinique issus de la synthèse ou du métabolisme des composants du lait tels que l'urée, les acides aminés, la choline et l'acide orotique ainsi que les oligo-éléments zinc, fer, iode et cuivre. Dans le domaine du microgramme, on trouve les enzymes, les acides aminés et les oligoéléments tels que le cobalt et les peptides bioactifs par exemple. Les peptides bioactifs sont des séquences d'acides aminés de protéines avec des fonctions biologiques spécifiques, issues de l'hydrolyse de caséines et de protéines lactosériques. Les hormones tels que l'insuline et des peptides spécifiques, qui favorisent la croissance et la guérison de cellules de la peau et de l'intestin, lesdits facteurs de croissance, sont présentes dans une concentration de l'ordre du nanogramme. Le "Molken-

Lehrbuch" (De Wit, 2001), édité par la EWPA (European Whey Products Association), Rue Montoyer 14, 1000 Bruxelles (Belgique), dispense une très bonne vue d'ensemble au sujet de la composition et des possibilités de mise en valeur du petit-lait.

La composition chimique et les propriétés du petit-lait ont l'impact suivant sur la nutrition humaine:

- Le petit-lait contient de nombreuses vitamines (B2, B5, B6, B12, C, etc.) et oligo-éléments (zinc, fer, iode, cuivre)
- Protéines mineures spécifiques (immunoglobulines, lactoferrine, lactoperoxydase)
- Le petit-lait contient seulement 278 kcal par litre
- Le petit-lait est un aliment contenant un surplus de bases
- Le petit-lait contient de l'acide lactique dextrogyre (L+)
- Les produits à base de petit-lait sont prédestinés pour une utilisation dans les programmes de Wellness ou pour les régimes
- Le petit-lait est idéal comme boisson pour le sport

3 Mise en valeur du petit-lait par l'industrie

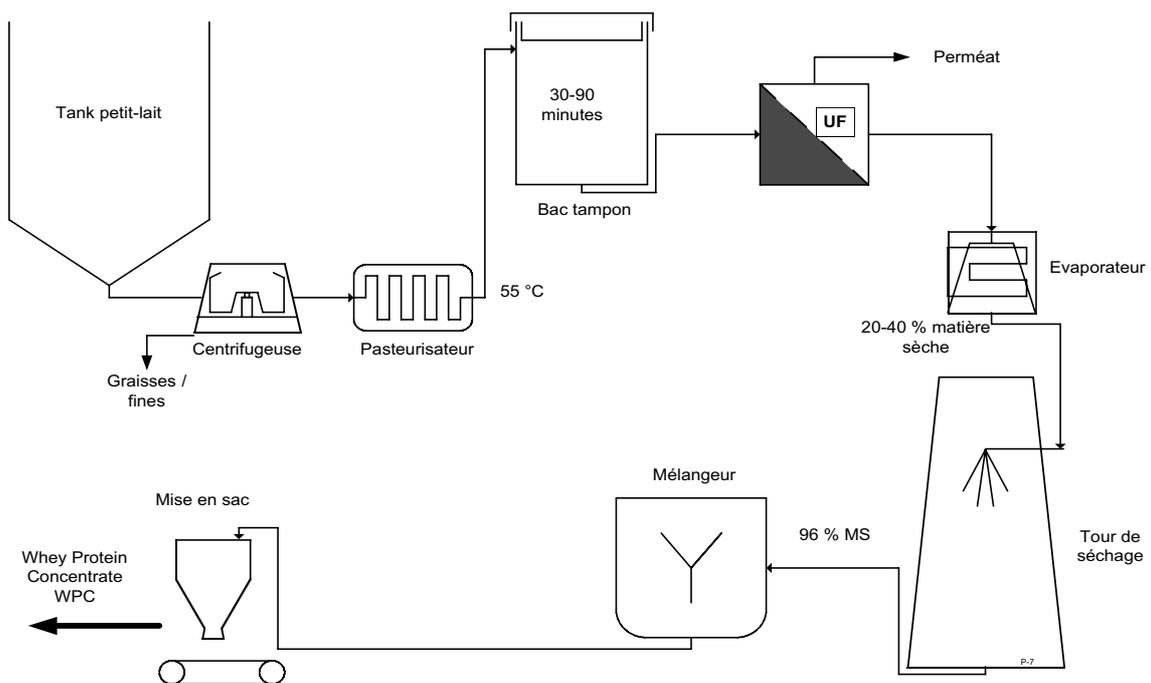
De par les volumes traités élevés, les industries peuvent mettre en oeuvre des technologies qui ne seraient pas rentable à l'échelle d'une fromagerie villageoise. En effet, ces volumes permettent d'une part d'avoir des systèmes de récupération de l'énergie et d'autre part de garantir l'approvisionnement en relativement grande quantité aux clients demandeurs de tels produits, ceci avec une qualité constante.

Les différentes possibilités sont brièvement présentées ci-dessous.

3.1 Obtention de concentré de protéines de petit-lait

Le concentré de protéines de petit-lait (Whey Protein Concentrate, WPC) est réalisé à l'aide d'une installation d'ultrafiltration. Les protéines du petit-lait sont séparées. On obtient ainsi une solution concentrée de protéines sériques (env. 18% de matière sèche) qui peut ensuite être séchée dans une tour pour la production de poudre. Le perméat d'ultrafiltration (solution de lactose et de sels minéraux principalement) doit ensuite être mis en valeur.

Schéma 1: Représentation de la production de concentré de protéines de petit-lait (WPC)



Les WPC peuvent être utilisés comme additifs dans beaucoup de domaines. Par exemple, dans des préparations pour sportifs. Ils peuvent également être réincorporés dans le lait de fabrication pour augmenter les rendements en fromage. En combinant l'ultrafiltration avec un procédé de diafiltration (ajout d'eau dans le concentré pour diluer les composants qui traversent la membrane), il est possible de produire des concentrés avec des teneurs en protéines différentes. Les plus connus sont les suivants:

WPC 35 = 35% de protéines de petit-lait dans la matière sèche

WPC 60 = 60% de protéines de petit-lait dans la matière sèche

WPC 80 = 80% de protéines de petit-lait dans la matière sèche

En comparaison, la poudre de petit-lait ne contient que 12 à 15% de protéines sériques.

3.2 Production de lactose à partir de perméat d'ultrafiltration

Le perméat d'ultrafiltration est la matière première idéale pour obtenir du lactose puisqu'il ne contient plus de protéines sériques. Il faut d'abord concentrer le perméat par nanofiltration afin d'éliminer une partie des sels du lait qui empêchent une bonne cristallisation. Durant cette étape, le lactose peut être concentré jusqu'à 20% environ. Ensuite, il faut encore augmenter la concentration par évaporation afin d'obtenir une concentration en lactose supérieure à 27%. L'opération de cristallisation, qui permet de séparer le lactose de la partie soluble, ne peut en effet pas être réalisée en dessous de cette concentration. Une fois séparé, le lactose cristallisé doit encore être séché.

3.3 Production de sirop de sucre

Une méthode pour produire du sirop de sucre à partir du petit-lait a été développée par ALP (Thomet et al., 2004). Le procédé consiste en une combinaison d'une nanofiltration pour concentrer le lactose et d'une hydrolyse de ce dernier. Il y a 4 étapes principales:

- Pasteurisation du petit-lait
- Hydrolyse enzymatique du lactose en continu
- Séparation des sucres et des minéraux
- Concentration des sucres

Le concentré de sucre obtenu peut être utilisé comme matière première pour sucrer des produits laitiers ou des boissons par exemple. L'hydrolyse en continu permet de réutiliser les enzymes et rend ainsi le procédé économiquement rentable.

3.4 Utilisation des composants du petit-lait

Les possibilités d'utilisation des produits et des composants à base de petit-lait semblent illimitées (Rehberger et al., 2002). L'effet recherché dans le produit fini dépend des interactions entre les produits à base de petit-lait et les autres composants de chaque produit. Ces interactions sont déterminées par les étapes de la transformation tel le chauffage. Afin d'atteindre l'effet recherché

dans le produit fini, il faut choisir le bon produit à base de petit-lait ainsi que la quantité exacte. L'utilisation de composants de petit-lait dans les aliments a pour but de satisfaire aux attentes des consommateurs tout en respectant les dispositions légales, d'améliorer la qualité des produits, d'optimiser le rapport coût-utilité et d'augmenter la valeur nutritive des aliments.

Les composants de petit-lait particulièrement recherchés dans l'industrie agroalimentaire, en raison de leurs propriétés fonctionnelles, peuvent être classés en trois catégories:

- 1 Protéines sériques (protéines lactosériques, protéines mineures, peptides bioactifs, facteurs de croissance)
- 2 Sels minéraux (sels minéraux principaux, oligo-éléments)
- 3 Lactose (lactose sérique pur, dérivés du lactose, sirop de glucose)

On a déjà commercialisé avec succès de nombreux concentrés de protéines sériques (WPC) sous forme de protéines lactosériques particulées, de gels à base d'amidon et de protéines sériques, d'effets fonctionnels et physiologiques dans les aliments destinés aux nourrissons, aux personnes qui suivent un régime et aux sportifs. Le marché des protéines sériques est en pleine expansion en Amérique du Nord et maintenant aussi dans certains pays européens, en particulier en tant que précieux complément dans les fortifiants et les aliments pour sportifs. Les prix de tels produits spéciaux ont considérablement augmenté ces dernières années.

On trouve d'importantes quantités de calcium et de phosphore dans le lactosérum sous la forme desdits „Nanoclusters“, qui se séparent des micelles de caséine au travers de la modification du pH lors de la fabrication du fromage. Les scientifiques pensent que ces „Nanoclusters“ ont une fonction vitale pour le corps humain. Les sels minéraux du petit-lait (le potassium et d'autres éléments aussi) semblent promis à un bel avenir. Il semble que la source à partir de laquelle l'être humain tire les sels minéraux pour son alimentation joue rôle plus important que l'on pensait.

3.5 Aspects nutritionnels et pour la santé

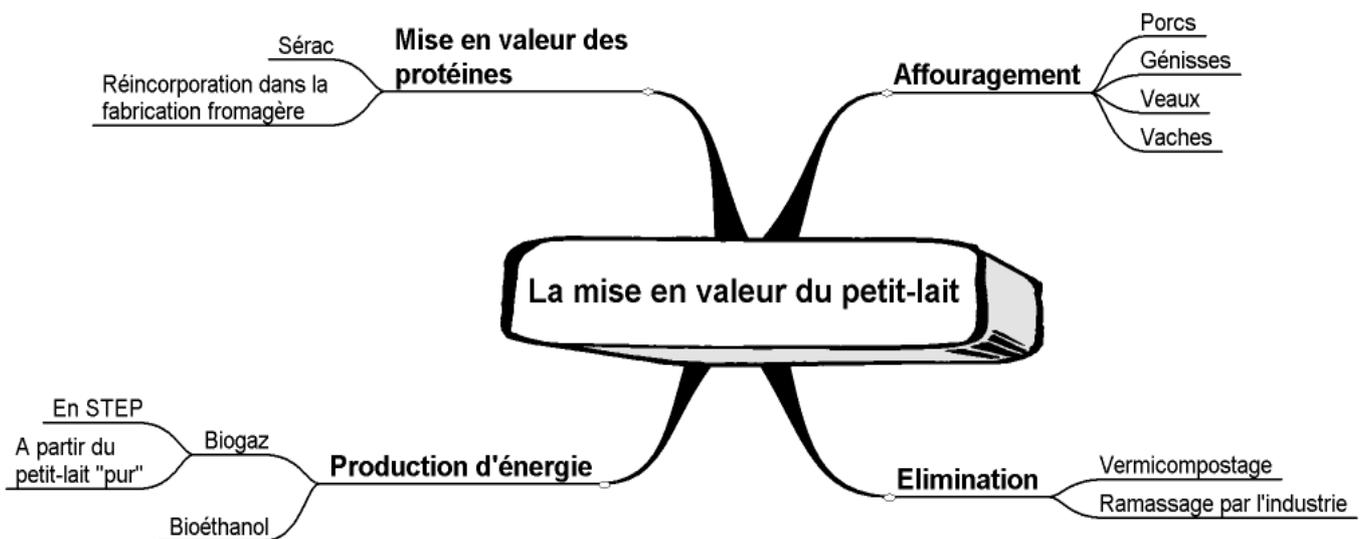
On continue de prédire un potentiel de croissance aux „Functional Foods“ et aux „Nutraceuticals“, surtout aux Etats-Unis et au Japon. Les experts tablent sur une part de marché réaliste constante de 15-20%. Les limites entre aliment et médicament s'estompent toujours davantage dans ces segments. Les produits, soutenus par une publicité en vogue, se positionnent idéalement en tant que produits pour la santé et le mode de vie. Les composants du petit-lait possèdent des fonctions et propriétés multiples et sont, pour cette raison, particulièrement intéressants pour les personnes qui développent ces produits et les nutritionnistes. Plus la concentration est petite (composants mineurs) dans le petit-lait, plus grande semble être la plus-value spécifique pour la santé de ces composants lactosériques qui font l'objet de recherches intensives dans le monde entier. La lactoferrine (LF),

la lactoperoxydase (LP), les peptides bioactifs, les glycomacropéptides (GMP), les facteurs de croissance (groupes d'immunoglobulines) sont quelques-unes des substances du petit-lait auxquelles les chercheurs attribuent des effets positifs. Les produits à base de lactose ont également de bonnes chances de s'imposer sur le marché. C'est le cas du tagatose, édulcorant fabriqué par ARLA Foods à partir de petit-lait. Le produit s'est bien établi en tant qu'édulcorant pauvre en calories (convient aussi aux diabétiques) et a un effet prébiotique lors de la digestion.

Il ne faut pas sous-estimer les importants travaux de recherche mis en œuvre pour mettre en évidence les multiples effets fonctionnels et favorables pour la santé. De nombreuses études cliniques n'en sont qu'à leurs débuts. Toutefois, elles montrent déjà une chose: ce secteur alimentaire possède un potentiel prometteur.

4 Mise en valeur du petit-lait pour les fromageries villageoises et les alpages

Le schéma ci-dessous résume les possibilités adaptées à la transformation du lait dite artisanale. Ces différentes possibilités sont développées ci-après.



4.1 Production d'énergie à partir de petit-lait

La fermentation (fermentations à la levure la plupart du temps) du petit-lait en éthanol, en acides acétiques, en produits à base d'alcool et de vinaigre ou en biogaz est un processus de fermentation connu depuis des années. Les problèmes de contamination, des processus pas au point (processus en continu au lieu de lots) ainsi que le manque d'incitations économiques étaient jusqu'à présent peu profitables à la fabrication de produits issus de la fermentation de petit-lait. La promotion d'un développement durable a permis d'accroître les incitations économiques et écologiques pour poursuivre le développement de ces technologies.

De plus, dans le contexte actuel de réduction des émissions de CO₂, la transformation de petit-lait en combustible devient de plus en plus intéressante.

4.1.1 Production de bioéthanol

Alco suisse possède un projet de construire une usine pour produire du bioéthanol à partir de sous-produit de l'agriculture suisse. Cet alcool pourrait être ajouté à raison de 5 à 10% dans l'essence et permettrait ainsi de diminuer la pollution engendrée par les moteurs. Le petit-lait et un des substrats qui pourrait être utilisé en l'occurrence. Le traitement à réaliser avant le transport dans l'usine (concentration, hydrolyse) reste à définir. La réalisation de ce projet dépend de décisions politiques. D'après les premières études préliminaires, il serait possible de produire environ 23 litres de bioéthanol à partir de 1000 litres de petit-lait. Il faut néanmoins passer par des étapes de concentration et de distillation qui sont gourmandes en énergie!

Pour plus de précisions:
Projet etha+ (www.etha-plus.ch)

4.1.2 Production de biogaz

On trouve déjà dans la pratique quelques entreprises qui livrent leur petit-lait dans une station d'épuration des eaux usées (STEP) équipée de

bioréacteurs pour obtenir du biogaz. Cela nécessite que la fromagerie ne soit pas trop éloignée de la STEP afin d'éviter des frais de transport. Il faut également que la STEP ait la capacité d'absorber la quantité de petit-lait et de mettre en valeur le biogaz ainsi produit.

Des essais ont également été faits pour produire du biogaz directement à partir de petit-lait „pur“. Il n'y a toutefois pas encore de telle installation en service dans la pratique.

Avantages:

- Les courbes de production et d'utilisation de biogaz sont corrélées
- Pas de transport de petit-lait
- Diminution des coûts énergétique pour la fromagerie

Inconvénients:

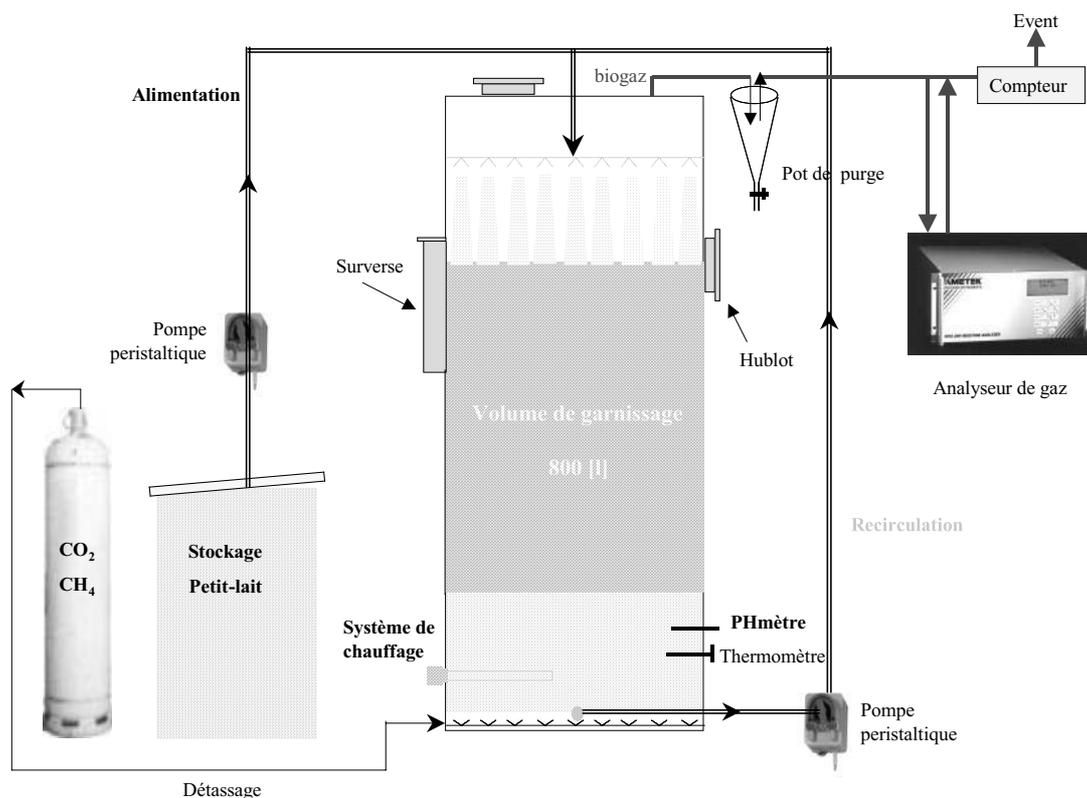
- Le liquide qui ressort du réacteur n'est pas complètement purifié et doit encore être traité en STEP
- En cas de problème temporaire, l'élimination du petit-lait est problématique
- Il faut relativement beaucoup de temps pour établir un équilibre dans le réacteur et obtenir ainsi une productivité maximale
- Les besoins en place sont relativement importants (réacteur d'env. 80 m³ pour 2 millions de kg de lait travaillés par année)

Les essais de production de biogaz ont été réalisés par l'entreprise EREP SA.

EREP SA
Chemin du Coteau 28
ZI de la Plaine
CH-1123 Aclens (VD)

www.erep.ch
Tél.: +41 21 869 98 87
Fax: -41 21 869 01 70
E-mail: info@erep.ch

Schéma 2: Schéma de l'installation utilisée par l'entreprise EREP pour effectuer les essais de production de biogaz directement à partir de petit-lait.



Un litre de petit-lait contient entre 70 et 80 grammes d'oxyde de carbone dégradé (DCO). Les résultats enregistrés après les travaux d'optimisation sont éloquentes: la quantité de DCO dans le petit-lait a été dégradée de 91%. On a pu produire 49 m³ de biogaz (méthane) par tonne de petit-lait grâce à ce procédé, ce qui correspond à une économie de 20 kg d'huile de chauffage. La fromagerie qui a réalisé les essais a pu économiser 60% d'huile de chauffage avec la quantité de biogaz produite à partir du petit-lait.

Fabrication de biogaz dans le silo de fermentation de la STEP – exemple pratique

L'entreprise Lataria Engiadinaisa SA (LESA) transforme plus de 7 millions de kg de lait de montagne par année en lait pasteurisé, en lait partiellement écrémé, en crème, en yaourt ainsi qu'en fromage. Il en résulte près de 4,3 millions de litres de petit-lait. Jusqu'à présent, l'entreprise LESA éliminait le petit-lait produit à Bever en utilisant un procédé de concentration coûteux (installation d'osmose inverse) et un transport subséquent vers la plaine. Une étude préliminaire a

montré que ce genre d'élimination n'est pas seulement coûteux pour la LESA mais également néfaste pour l'environnement. En outre, on a testé avec succès une mise en valeur alternative dans le silo de fermentation de la STEP de Sax pendant 5 semaines au travers de différentes séries d'essais.

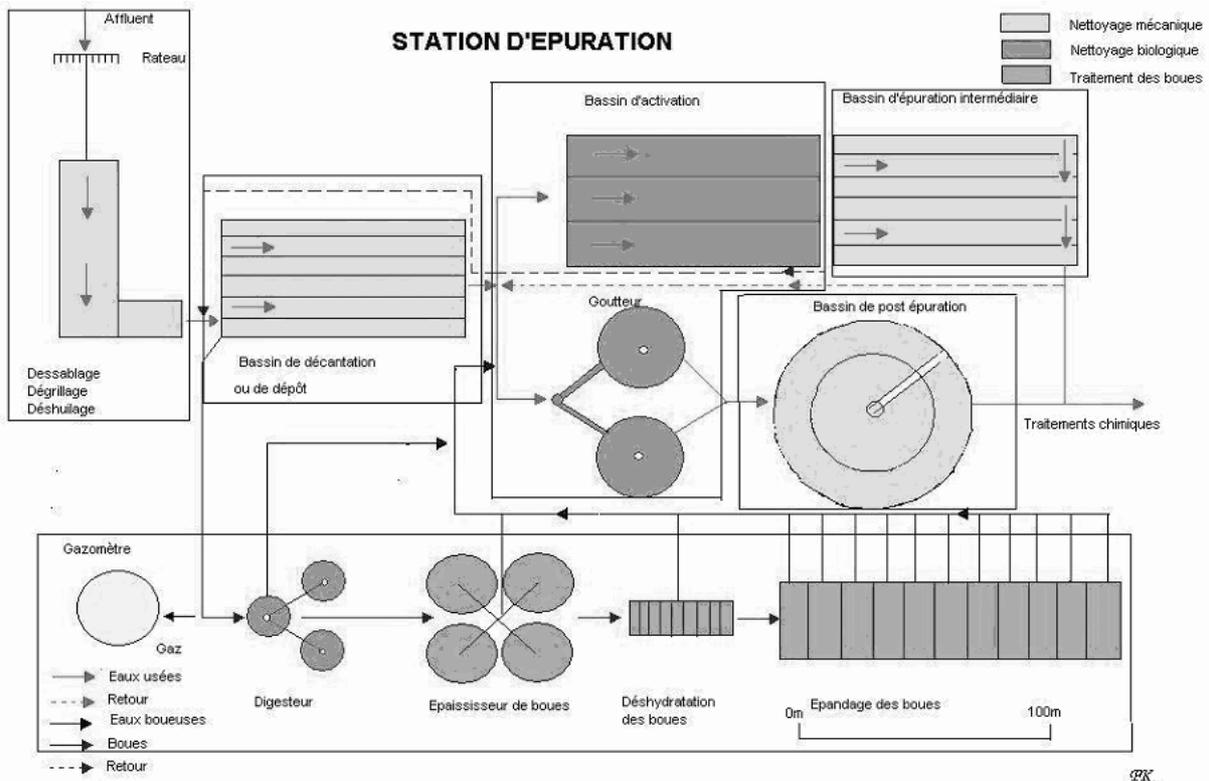
Voici les avantages qu'ils représentent pour l'entreprise LESA:

- Pas de transformation de petit-lait
- Pas de réfrigération et de stockage
- Pas de concentration avec une installation à osmose inverse
- Pas de frais de transport (actuellement: 3 - 3,5 centimes/litre)
- Diminution de la consommation d'énergie et d'eau
- Diminution des frais de traitement des eaux usées
- Production de biogaz et de courant électrique

Degré d'hydrolyse du petit-lait

Sur la base des résultats des analyses relatives au besoin en oxygène chimique de l'eau du bassin de fermentation, le degré d'hydrolyse du petit-lait s'élevait à 99%. La raison de ce degré

d'hydrolyse élevé pour le petit-lait est due à la longue durée de séjour dans le bassin de fermentation combinée à une bonne biodégradabilité.



Production de biogaz

La boue d'épuration épaissie provenant du bassin de décantation et du bassin de compensation, ainsi que la boue excédentaire issue des bassins de décantation et le petit-lait ont subi un traitement biologique supplémentaire dans le silo de fermentation. A cette occasion, la boue a été fermentée dans des conditions anaérobies (sans oxygène) dans un milieu mésophile (30° - 35° C). Il s'est aussi formé un gaz de fermentation riche en énergie, un mélange de dioxyde de carbone (CO₂) et de méthane (CH₄), qui a été transformé en courant par la suite.

Une mesure exacte des quantités de biogaz et de la concentration de méthane n'a été que partiellement possible pendant la phase d'essai. Les deux moteurs à gaz de 12 kW n'étaient plus en mesure de mettre en valeur les quantités de gaz lors d'apport de petites quantités de petit-lait déjà.

A l'aide d'un bilan de masse, on a pu calculer la quantité de gaz produite en fonction de la quantité et de la composition du petit-lait. Le petit-lait provenant de l'entreprise LESA est constitué d'environ 4,5% de lactose, de 0,3% de matière grasse et de 0,5% de protéines. En supposant que le taux de dégradation soit de 98% pour les substances organiques, en ce qui concerne les 4,3 millions de litres de petit-lait produits chaque année par l'entreprise LESA, on obtient une quantité de 72'143 m³ de méthane (normo mètre cube) issus du lactose. La matière grasse du petit-lait permet de produire en outre 9'224 m³ de méthane par année et celle en protéines 5'835 m³ environ.

Production de courant

A partir d'un normo mètre cube de méthane, il est possible de produire 3,2 kWh d'électricité en utilisant un moteur à gaz d'un rendement électrique de 32%. Avec une quantité de méthane

estimée à 87'202 m³, le petit-lait provenant de l'entreprise LESA permet de produire 279'046 kWh par année.

A partir de 1000 litres de petit-lait, on peut produire 60- 65 kWh.

Bilan écologique

- Abandon de l'osmose inverse
- Diminution de l'eau douce de 6'000 m³/an, cela équivaut à env. 12% de l'ensemble de l'eau douce utilisée
- Economie d'environ 80'000 kWh/an, cela équivaut à env. 15% de l'ensemble de la consommation d'électricité (pas de concentration du petit-lait)
- Diminution de la quantité d'eaux usées d'environ 33% par an
- Suppression de 50 voyages de camion chargés

- de petit-lait épaissi jusqu'à Herisau (env. 23'000 km/an)
- Abandon du transport de petit-lait vers la STEP de Sax (env. 330 voyages = 1'000 km/an)

Les entreprises Lataria Engiadinaisa SA et la STEP/Sarinera de Sax vont effectuer les investissements nécessaires en été/automne 2006 pour l'entreposage du petit-lait, la transformation du silo de fermentation, la production d'électricité et la construction d'un pipeline entre autres.

4.2 Elimination du petit-lait par compostage

Lorsqu'il n'y a pas de possibilité de mise en valeur, sur les alpages par exemple, le petit-lait doit être éliminé à moindres frais. Une solution consiste à vendre/donner le petit-lait à l'industrie. Cette solution est néanmoins souvent coûteuse car il faut refroidir le petit-lait et, en raison de la dilution, les coûts de transport sont élevés.

Lorsque les quantités ne sont pas trop grandes, il est possible de l'éliminer par compostage. Cette technique a été développée sur l'initiative du Service des eaux du canton de Vaud.

Un rapport détaillé sur ce procédé peut être téléchargé sur Internet à l'adresse suivante:

www.dse.vd.ch/eaux/eaux/qualite/pdf/rapport_petits_laits.pdf

4.3 Affouragement de petit-lait

4.3.1 Affouragement aux porcs

La plus grande partie (env. 70%) du petit-lait est encore aujourd'hui mise en valeur par l'affouragement aux porcs. Cela reste la technique la plus rentable.

On admet généralement que 1 kg de petit-lait représente environs 60 gr d'orge. De par la diminution du prix des céréales, l'affouragement du petit-lait devient donc également moins intéressant.

Par ailleurs, le petit-lait contient beaucoup de sels. Il faut donc veiller à ce que les animaux aient suffisamment d'eau à disposition afin de pouvoir éliminer le sodium excédentaire

- Teneurs en Ca, P et Na élevées
- 1 kg de matière sèche du petit-lait apporte autant de Na que 15 g de sel de cuisine

4.3.2 Affouragement de petit-lait à des ruminants

De manière générale, le petit-lait doux est mieux consommé par les ruminants que le petit-lait acidifié. Il faut généralement respecter une phase d'adaptation de 3 semaines durant laquelle la quantité sera progressivement augmentée (adaptation de la flore des microorganismes du rumen).

Il y aura néanmoins des vaches qui refuseront la consommation de petit-lait.

La valeur fourragère pour les ruminants se situe aux environs CHF 0.027 par kilo.

Tableau 1: Consommation possible de petit-lait par vache laitière et par jour selon différents auteurs pour l'affouragement d'hiver.

Auteurs	Petit-lait par vache et jour
Schingoethe 1976	64-78 kg
Thivend 1977	-100 kg
Remond 1978	47-85 kg
Buchberger 1984	40 kg
Jans 1986	30-80 kg
Steinwender 1994	40 kg

Buchberger (1984) et Steinwender (1994) conseillent:

- En été: 20-30 kg de petit-lait par vache et jour
- En hiver: 40-50 kg de petit-lait par vache et jour

Il a été remarqué que la graisse du lait provenant de vaches affouragées avec du petit-lait est plus dur que la graisse du lait de vache qui ne reçoivent pas de petit-lait (tableau 2).

Tableau 2 : Composition de la graisse du lait de vache affouragée avec et sans petit-lait.

	Sans PL	40 litres PL
Acides gras insaturés	28.6	27.0
Acides gras C4-C10	10.9	11.5
Acides gras C12-C16	49.2	51.3
Acides gras C18 et plus long	39.9	37.1

Il est par ailleurs recommandé de répartir la distribution de petit-lait sur la journée. En effet:

- 30 kg de petit-lait représentent env. 1'300 g sucre (lactose)

Or on ne devrait pas dépasser 20% de sucre dans la ration à cause du risque d'acidose. Il faut donc être particulièrement prudent au printemps lorsque l'herbe jeune contient plus de sucre.

Il est également possible d'affourager du petit-

lait à des génisses, à des boeufs et à des veaux. Il faut toutefois faire attention au risque d'engraissement trop important.

Enfin, Les règles d'hygiène doivent être respectées rigoureusement (Ordonnance réglant l'assurance de la qualité dans les exploitations laitières). Ceci particulièrement lors de présence de vaches laitières dans l'exploitation. Le risque est grand d'avoir une infection avec des bactéries butyriques qui posent ensuite des problèmes lors de la fabrication du fromage.

4.4 Mise en valeur des protéines du petit-lait

Une bonne mise en valeur des protéines consiste à fabriquer du sérac. Toutefois, les marchés ne permettent pas de transformer la totalité du petit-lait en sérac. De plus, le problème de l'élimi-

nation de la recuite subsiste. Par contre, selon le procédé développé par ALP, il est possible de réincorporer les protéines sériques dans la fabrication de fromages. Cela permet d'améliorer le rendement en fromage et ainsi de mettre en valeur les protéines

5 La concentration du petit-lait en fromagerie

5.1 Nanofiltration et osmose inverse

Schéma 3: Représentation de la taille et de la nature des particules du lait retenues par les différents systèmes de filtration.

	Microscope électronique		Microscope optique		Visible à l'oeil	
	Ions	Molécules	Macromolécules	Microparticules	Macroparticules	
Micromètres (échelle log)	0.001	0.01	0.1	1.0	10	100
Poids moléculaire (Da)	200	20.000	200.000	2.000.000		
Grosseur relative des constituants	Ions Sels Lactose	à-lacto-globuline à-lact-albumine	Immunoglobuline Micelles de cas.	Globules gras Levures, moisissures Bactéries		
Procédé de séparation	Osmose inverse	Ultrafiltration				Filtration grossière
		Nanofiltration		Microfiltration		

En économie laitière, on utilise la nanofiltration pour la concentration et en même temps pour la déminéralisation partielle du petit-lait. La nanofiltration permet de retenir les ions polyvalents et le disaccharide, les ions monovalents tels que le potassium, le sodium, le chlore et le magnésium passent au travers de la membrane et se retrouvent ainsi dans le perméat. L'avantage de la nanofiltration est que la composition des concentrés de petit-lait produits est mieux adaptée pour l'usage auquel les concentrés sont destinés. Cela vaut aussi bien pour l'utilisation de concentrés de petit-lait dans des denrées alimentaires que dans

des aliments pour animaux. C'est la raison pour laquelle de nombreuses installations d'osmose inverse ont été remplacées par la nanofiltration. Le perméat NF qui en résulte doit être traité (réduction DCO) de manière correspondante avant d'être évacué vers les eaux usées communales afin de respecter les prescriptions relatives à la teneur en sel. Aujourd'hui, cette technique est réalisable et s'avère également rentable du point de vue économique jusqu'à des concentrations de l'ordre de 18% de matière sèche.

5.2 Exemple pratique

Concentration de petit-lait avec une installation d'osmose inverse

Depuis plus de 10 ans, la fromagerie de Savognin concentre le petit-lait produit pour des raisons économiques et écologiques. Nous avons soumis un questionnaire à son responsable P. Odermatt. Voici les réponses qui en sont ressorties:

1. Motifs qui incitent à investir dans une installation d'osmose inverse

La raison principale est une élimination du petit-lait financièrement avantageuse au travers de l'alimentation pour animaux. La distribution d'environ 3-4 millions de litres de petit-lait sous forme d'aliments pour animaux devrait être effectuée si possible dans la région (courtes distances) et avec des camions-citernes entièrement chargés.

Aux Grisons, il existe des acheteurs de petit-lait qui demandent 3 - 3,5 centimes par litre pour venir chercher le petit-lait et cette tendance croît.

2. Planification, construction et mise en service de l'installation

De premières clarifications ont montré que les investissements de CHF 300'000.00 s'avèrent rentables à partir d'une quantité de 2 millions de litres de petit-lait environ (en fonction des coûts d'élimination, du prix des aliments pour animaux, des frais de transport).

Les tanks de garde ont coûté env. CHF 80'000.00, l'installation d'osmose CHF 200'000.00 env. Année de construction: tanks 1992, installation 1995 env.

Une installation d'osmose inverse MWT munie de 9 membranes avec une surface filtrante d'env. 45 m² a été installée. En outre, la capacité de stockage de petit-lait a été augmentée.

6'000 litres de petit-lait sont concentrés (10-11%) en circuit fermé en 4 heures. On a dû installer d'autres tanks de nettoyage pour le nettoyage CIP.

3. Problèmes lors de la mise en pratique: à quoi doit-on faire particulièrement attention?

L'installation doit être nettoyée chaque jour avec des produits acides et alcalins et cela conformément aux règles de l'art. A cette occasion, la concentration des produits de nettoyage doit être réglée de manière aussi précise que possible, ce qui ne peut être réalisé qu'automatiquement.

4. Traitement préalable du petit-lait gras / petit-lait maigre

A Savognin, le petit-lait gras est préalablement centrifugé.

5. Nettoyage de l'installation, maintenance: à quelle fréquence faut-il changer les membranes?

Le nettoyage de l'installation représente la base pour une longue durée de vie des membranes. En fonction du contrôle et du nettoyage de l'installation, il faut remplacer les membranes après 3 mois voire jusqu'à 2 ans. Une membrane coûte environ CHF 1'200.00.

6. Acquéreurs du concentré de petit-lait, avantages, à quoi doit-on faire attention lors de la distribution des aliments?

Avec une teneur en matière sèche de l'ordre de 10 - 11%, on peut distribuer le concentré sans dilution.

Lorsque la teneur en matière sèche est de 15 - 18%, le concentré doit à nouveau être dilué.

7. Que fait-on de l'eau résiduelle?

L'eau résiduelle est entièrement claire et peut être versée sans autre dans les eaux usées de la STEP.

8. Analyses des coûts et de l'utilité, aspects économiques et écologiques

Lors de durée d'amortissement de 10 ans (installation d'osmose inverse) et de 20 ans (tanks de nettoyages et de stockage de petit-lait), l'installation s'avère rentable à partir d'une

quantité annuelle de 2 millions de litres de petit-lait.

Les frais d'exploitation (électricité, eau et produits de nettoyages) s'élèvent à environ 0.5 centime par litre de petit-lait ou à environ 1 centime par litre de concentré.



Photo: exemple d'installation d'osmose inverse

6 Conclusions

Beaucoup de solutions existent mais toutes ont leur coût. Chaque situation est également différente et il est important d'analyser la situation sous tous ses aspects avant d'investir dans une technologie précise.

En outre, pour diverses raisons, les possibilités permettant une meilleure commercialisation des produits à base de petit-lait dans les années à venir existent et pas uniquement à l'étranger mais aussi en la Suisse:

- L'acceptabilité auprès des consommateurs et de l'industrie agroalimentaire est significative.
- L'image du petit-lait s'améliore constamment grâce notamment à la combinaison avec les domaines du Fitness, du Wellness et de la santé.
- Les produits à base de petit-lait sont utilisés avec succès dans la crème glacée et dans de nombreux autres produits de l'industrie agroalimentaire et ont fait leurs preuves en tant qu'ingrédients.
- Certains produits à base de petit-lait se sont même établis en tant que produits de marque et stimulent ainsi le marché en pleine croissance des boissons au lait.

- Les produits à base de petit-lait jouissent d'une popularité croissante. Ce segment du marché va continuer à croître aux cours des années à venir.
- De meilleurs produits et de nouveaux développements élargissent les possibilités d'utilisation des produits à base de petit-lait en tant qu'ingrédients fonctionnels pour les aliments.

Il s'agit maintenant pour les transformateurs d'utiliser encore mieux les „valeurs“ du petit-lait et de les convertir en produits de marque innovateurs. Pourquoi les boissons à base de petit-lait ne pourraient-elles pas remplacer les boissons alcoolisées en perte de vitesse? La boisson bien connue qu'est le „Rivella“ constitue un exemple impressionnant de produit à succès à base de petit-lait, un succès qui dure depuis plus de cinquante ans. L'idée est née en 1950 et depuis lors, le produit, soutenu par un marketing efficace, est commercialisé avec toujours autant de succès dans l'ensemble de la Suisse en tant que boisson sucrée saine, à caractère sportif et moderne.

Les créateurs ingénieux parmi les transformateurs de lait suisses pourraient élaborer d'autres produits de marque semblables basés sur le petit-lait!