



AVIS 11-2013

Objet : Evaluation des risques et bénéfices de la consommation du lait cru d'espèces animales autres que les vaches (dossier Sci Com 2012/12 : auto-saisine).

Avis approuvé par le Comité scientifique le 22 mars 2013.

Résumé

Dans cet avis, les risques et bénéfices de la consommation de lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches (p. ex. juments, ânesses, brebis, chèvres etc.) sont évalués qualitativement, ainsi que l'effet du traitement thermique sur ces risques et bénéfices, sur base de publications et d'opinions d'experts, et ce, tant dans d'un point de vue microbiologique que d'un point de vue (bio)chimique et nutritionnel.

Les risques microbiologiques du lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches ont été évalués qualitativement sur la base de la diversité des micro-organismes pathogènes qui peuvent être trouvés dans les exploitations laitières, des cas humains résultant de la consommation de lait cru qui ont été rapportés, des fréquences d'isolement rapportées de micro-organismes pathogènes dans le lait cru et d'une estimation de la gravité des effets néfastes causés à la santé publique par ces micro-organismes.

La consommation de lait cru est dangereuse pour la santé publique. En effet, celui-ci peut être contaminé par des micro-organismes pathogènes pour l'homme. Ces micro-organismes peuvent provenir des animaux (et même des animaux cliniquement sains) ou d'une contamination à partir de l'environnement lors de la collecte ou de la conservation du lait. En Belgique, la contamination du lait cru de chèvre et de brebis par des *E. coli* pathogènes pour l'homme et des *Campylobacter* spp. constitue le risque majeur pour le consommateur. Le lait cru de jument et d'ânesse entraînent, au contraire, un faible risque d'infection, en raison de leur bonne qualité microbiologique, associée à un faible niveau de germes totaux. Plusieurs micro-organismes pathogènes détectés dans le lait cru de chèvre et de brebis n'ont ainsi pas été détectés dans le lait cru de jument et d'ânesse. Toutefois, ces dernières peuvent transmettre certaines espèces de *Streptococcus*, qui sont pathogènes pour l'homme.

Si on s'intéresse au lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches d'origine étrangère, quelques risques supplémentaires peuvent être relevés. Le virus de l'encéphalite à tiques (TBEV) dans le lait de chèvre cru comporte un risque élevé en Europe de l'Est et *Brucella* spp. dans le lait de chamelle cru comporte un risque élevé en Asie.

Le traitement thermique est le moyen le plus efficace de renforcer la sécurité microbiologique du lait. Cependant, la pasteurisation ne permet pas d'éliminer l'ensemble des micro-organismes pathogènes et des toxines. Il faut pour cela procéder à une stérilisation ou à un traitement UHT, qui ne laissent persister que quelques toxines et spores thermostables. On obtient alors un produit commercialement stérile, exempt de micro-organismes pathogènes.

En ce qui concerne les effets bénéfiques liés aux microorganismes du lait cru, la présence de bactéries lactiques dans le lait cru limite la prolifération de bactéries (y compris pathogènes), mais cet effet inhibiteur est insuffisant pour les pathogènes ayant une faible dose infectante. Les bactéries

lactiques sont inactivées par la pasteurisation, la stérilisation et le traitement UHT. Après la pasteurisation, des spores bactériennes pathogènes peuvent germer dans le lait pasteurisé sans cependant que leur développement ne soit empêché par des bactéries lactiques. Il en va de même pour les bactéries végétatives pathogènes, qui se retrouvent dans le lait en raison d'une post-contamination ultérieure au traitement thermique. Par contre, cela ne pose aucun problème pour le lait stérilisé et le lait UHT, puisqu'il s'agit alors d'un lait commercialement stérile. Il est néanmoins nécessaire de conditionner du lait UHT dans une zone 'high care' pour éviter une post-contamination. Par ailleurs, la pertinence et le niveau de bactéries probiotiques dans le lait cru seraient trop faibles pour pouvoir exercer un effet physiologique favorable pour le consommateur. Une inactivation de ces bactéries par un traitement thermique n'aura dès lors aucune conséquence sur la santé publique.

A l'exception d'éventuels contaminants liés aux processus de transformation et de contaminants environnementaux, la consommation de lait cru n'engendre pas de dangers (bio)chimiques. La composition du lait de différentes espèces animales (et du lait maternel) a été comparée en ce qui concerne les bénéfiques (bio)chimiques et nutritionnels. Bien que le lait de tous les mammifères comporte les mêmes composants principaux, il y a une grande variation de la composition du lait, non seulement entre ruminants et non-ruminants, mais aussi entre les différentes espèces animales d'un même « groupe », entre les différentes races au sein de la même espèce, et entre les individus. De façon très générale, on peut dire que le lait de ruminants contient une plus forte teneur en protéines (« lait à caséines »), en lipides (en valeurs absolues et en %, moins d'acides gras polyinsaturés (AGPI) et plus d'acides gras saturés et mono-insaturés (AGMI)) et en minéraux par rapport au lait des non-ruminants (« lait à albumines »). De même, la teneur est plus élevée pour la plupart des vitamines dans le lait de ruminants (une exception est, par exemple, la teneur plus élevée en vitamine C du lait de jument). Le lait de ruminants est, au contraire, moins riche en lactose. Les différences de composition du lait concernent non seulement les proportions relatives des composants du lait, mais se retrouvent aussi au niveau moléculaire (par ex. protéines monomères versus dimères, séquence différente en acides aminés). La variation de la composition du lait entre animaux individuels appartenant à la même espèce animale est lissée par la collection et le mélange de différents lots de lait (cf. l'échelle de commercialisation).

Les informations concernant l'effet d'un traitement thermique (en particulier, les conditions de pasteurisation) sur les composants du lait d'espèces animales autres que les bovins sont rares. En dépit du fait que la composition et la thermostabilité de certains composants peuvent différer entre les types de lait considérés, les principales conclusions de l'avis 15-2011 du Comité scientifique passant en revue l'effet du traitement thermique sur les risques et bénéfices de la consommation de lait cru de bovins, peuvent être extrapolées au lait provenant d'autres espèces animales. Ainsi, il peut en être déduit que les avantages nutritionnels liés à la consommation de lait cru (p.ex. le calcium, le phosphore, les protéines et les acides aminés essentiels (particulièrement la lysine), et un certain nombre de vitamines) demeurent, en général, inchangés après une pasteurisation ou un traitement UHT (les modifications de nature technologique comme p.ex. les propriétés émulsifiantes et de rétention d'eau des protéines, n'ont pas été prises en compte). Les autres nutriments présents dans le lait qui sont détruits (partiellement ou totalement) ou non par le traitement thermique contribuent moins aux besoins nutritionnels journaliers. Le principal effet négatif de nature biochimique d'un traitement thermique est la modification du profil organoleptique du lait, même s'il s'agit plutôt d'une question de perception individuelle.

Les autres arguments contre le traitement thermique du lait, au nombre desquels une moins bonne digestibilité du lait, une inactivation d'enzymes utiles et un risque accru de toutes sortes d'affections (par ex. allergie au lait, intolérance au lactose), ont été en grande partie réfutés et/ou très nuancés dans ce présent avis et dans l'avis 15-2011 du Comité scientifique. Pour obtenir une évaluation fondée des effets supposés bénéfiques ou favorables pour la santé de la consommation d'un certain type de lait cru et de l'impact d'un traitement thermique sur ces effets, non seulement une confirmation de ces effets (des études épidémiologiques suffisamment importantes étudiant les effets du lait cru sur la santé sont en effet quasi-inexistantes), mais aussi une identification des composants du lait responsables de ces effets, sont nécessaires. Il faut également tenir compte de l'interaction entre ces composants et d'autres composants du lait.

Bien qu'il existe un certain nombre d'analogies avec le lait maternel, les laits de jument, d'ânesse, de chèvre ou d'autres espèces animales ne sont pas une alternative viable au lait maternel. Il est recommandé de donner du lait maternel ou du lait de substitution commercial (soumis à des dispositions légales et à un contrôle) aux enfants âgés de moins d'un an. Ces types de lait peuvent

être proposés aux personnes souffrant d'allergie au lait. Toutefois, étant donné la complexité de la problématique, des tests individuels (p.ex. test de provocation) s'imposent pour obtenir une réponse définitive.

Le Comité scientifique invite à la prudence concernant la consommation de toutes les sortes de lait cru pour la population en général et en particulier pour le groupe des YOPIs (jeune, âgé, enceinte, immunodéprimé). Les personnes qui voyagent à l'étranger doivent être d'autant plus prudentes concernant la consommation locale du lait cru. Il est conseillé de chauffer le lait cru (p.ex. en lui faisant atteindre brièvement sa température d'ébullition) avant de le consommer. Les laits crus de jument et d'ânesse ont une bonne qualité microbiologique, mais les informations dont on dispose actuellement ne permettent pas de conclure à un risque entièrement négligeable. Un traitement thermique comme p.ex. une pasteurisation permet de réduire fortement les risques.

Le lait, de vache ou d'autres espèces, correspond à un régime alimentaire classique recommandé. Le lait peut être un aliment de soutien dans certaines affections ou maladies, mais il n'est pas une médication. Des études scientifiques démontrant que le lait en général ou de certaines espèces animales peut guérir des maladies font à ce jour encore défaut.

Summary

Advice 11-2013 of the Scientific Committee of the FASFC on the evaluation of the risks and benefits of the consumption of raw milk from animal species other than cows

In this opinion, the risks and benefits of the consumption of raw milk from animal species other than cows (e.g. equine, donkey, sheep, goats, etc.) as well as the effect of a thermal treatment on these risks and benefits are qualitatively evaluated based on publications and expert opinion, and this from both a microbiological and a (bio)chemical and nutritional point of view.

The microbiological risks of raw milk from animal species other than cows were evaluated qualitatively based on the pathogenic microorganisms that can be found on the dairy farms, outbreaks caused by the consumption of raw milk that were reported, reported frequencies of occurrence of the pathogenic microorganisms in raw milk and an estimate of the severity of the adverse effects on human health of these microorganisms.

The consumption of raw milk holds a danger for public health due to the possible contamination with human pathogenic microorganisms. These microorganisms may originate from animals (and even from clinically healthy animals) or from a contamination from the environment during the collection or storage of the milk. In Belgium, the contamination of raw goat and sheep milk with human pathogenic *E. coli* and *Campylobacter* spp. holds the greatest risk for the consumer. On the other hand, raw milk from horses and donkeys holds a low risk of infection because of the high microbiological quality, associated with the low total bacterial count. Also, several pathogenic microorganisms that were detected in raw goat or sheep milk, were not shown to appear in raw horse or donkey milk. However, the latter can transfer certain species of human pathogenic *Streptococcus*.

When we look at raw milk from animal species other than cows in other countries, some additional risks can exist. The tick-borne encephalitis virus (TBEV) in raw goat milk holds a high risk in Eastern Europe and *Brucella* spp. in raw camel milk holds a high risk in Asia.

A heat treatment is the most effective way to increase the microbiological safety of milk. However, the pasteurization process cannot eliminate all pathogenic microorganisms or toxins. On the other hand, sterilization or UHT treatment can achieve this, but a few heat-stable spores and toxins are not eliminated. This leads thus to a commercially sterile product, free from pathogenic microorganisms.

With regard to the microbiological benefits of raw milk, the presence of lactic acid bacteria in raw milk will limit the growth of bacteria (including pathogens), but this inhibiting effect is insufficient for pathogens with a low infectious dose. Lactic acid bacteria are inactivated by pasteurization, sterilization and UHT treatment. After pasteurization, bacterial pathogenic spores can germinate and grow in the pasteurized milk without hindrance from the lactic acid bacteria. The same is true for vegetative pathogenic bacteria, which end up in the milk through a post-contamination after the thermal treatment. However, for sterilized and UHT treated milk this is no problem as such milk is commercially sterile. Nevertheless, filling of UHT treated milk in a high care zone is necessary to avoid post-contamination. Otherwise, the relevance and the number of these bacteria in the raw milk would

be too limited in order to be able to have a favourable physiological effect on the consumer. An inactivation of these bacteria by a thermal treatment will therefore have no impact on human health.

With the exception of possible process or environmental contaminants, there are no (bio)chemical hazards associated with the consumption of raw milk. With respect to the (bio)chemical and nutritional benefits, the composition of milk from different animal species (and of human milk) were compared. Although milk of all mammals contains the same main components, a large variation exists in milk composition, not only between ruminants and non-ruminants, but also between the different species of the same “group”, between different varieties within the same species, and between individual animals. Very generally, it can be stated that milk from ruminants contains a higher protein (“casein milk”), fat (absolute and % less polyunsaturated fatty acids (PUFAs) and more saturated fatty acids and monounsaturated fatty acids (MUFAs)), and mineral content compared to milk from non-ruminants (“albumin milk”). The content of most vitamins is higher in ruminant milk as well (an exception is e.g. the higher vitamin C content of horse milk). Ruminant milk has however, a lower lactose content. The differences in milk composition do not only concern the relative proportions of the milk components, but also occur at the molecular level (e.g. monomeric versus dimeric proteins, different amino acid sequence). The variation in milk composition between individual animals belonging to the same species is flattened out due to the collection and mixing of different milk lots (cf. scale of commercialization).

Information on the effect of a heat treatment (pasteurization conditions in particular) on the milk components from animal species other than cows is scarce. Despite the fact that the composition and the thermal stability of certain components may differ between the considered types of milk, the main conclusions of the opinion 15-2011 of the Scientific Committee, where the effect of a heat treatment on the risks and benefits of the consumption of raw cow milk were discussed, can be extrapolated to milk from other species. Thus it can be assumed that the nutritional benefits associated with the consumption of raw milk (e.g. calcium, phosphorus, proteins and essential amino acids (especially lysine), and a number of vitamins) are generally maintained after pasteurization or UHT treatment (changes of technological nature such as e.g. emulsifying and water binding properties of proteins, were not considered). The other nutrients in milk that may (partially or fully) or may not be destroyed by heating, contribute less to the daily nutritional needs. The main negative effect of biochemical nature of a heat treatment is the modified organoleptic profile of milk, although this is more a matter of individual perception.

Other arguments against heat treatment of milk, including a less good digestibility of milk, an inactivation of useful enzymes and an increased risk of various diseases (e.g. milk allergy, lactose intolerance), were largely refuted and/or and/or strongly nuanced in the current opinion and in opinion 15-2011 of the Scientific Committee. For a founded evaluation of putative therapeutic or health promoting effects associated with the consumption of a certain type of raw milk and of the impact of a heat treatment on these effects, not only a confirmation of these effects is needed (sufficiently large, epidemiological studies that study the effects of raw milk on health are nearly nonexistent), but also an identification of the milk components responsible for these effects. The interaction of these components with other milk components has to be accounted for as well.

Despite the fact that there are some similarities with human milk, horse, donkey, goat milk or milk from other species are no viable alternatives for human milk. For children younger than 1 year, it is recommended to give either human milk or commercial milk (which is subject to legislative provisions and control). For people suffering from milk allergy, these types of milk can offer an alternative. However, given the complexity of the issue, individual tests (e.g. provocation test) are required to give a decisive answer.

The Scientific Committee warns to carefully deal with the consumption of all types of raw milk for the population in general and in particular for the YOPI group (young, old, pregnant, immunocompromised). People who travel abroad have to deal even more carefully with the local consumption of raw milk. It is recommended to heat raw milk (e.g. by briefly heating them to boiling temperature) before its consumption. Raw horse and donkey milk has a high microbiological quality, but there is no sufficient information available to conclude that the risk is entirely negligible. Heating of such milk by e.g. pasteurization can considerably reduce the risks.

Milk, cow milk or milk from other animal species, fits a classic recommended diet. Milk can be a supportive food with certain disorders or diseases, but is not a cure. Scientific studies showing that

milk or milk of certain species in particular may reduce the risk of certain diseases or cure them, are so far lacking.

Mots clés

lait cru – chèvre – brebis – jument – ânesse – chamelle – lama – buffle – yack – renne – risques – bénéfiques – aspects microbiologiques – aspects (bio)chimiques/nutritionnels – traitement thermique

1. Termes de référence

1.1. Problématique

L'objectif de cet avis est d'évaluer les risques et bénéfices de la consommation de lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches (p. ex. le lait de jument, d'ânesse, de brebis, de chèvre etc.), et ce, tant dans une perspective microbiologique que d'un point de vue (bio)chimique et nutritionnel, ainsi que d'étudier l'effet d'un traitement thermique sur ces risques et bénéfices. Le lait cru de vache a déjà été traité dans l'avis 15-2011 du Comité scientifique (AFSCA, 2011). Ni les produits à base de lait cru (lait fermenté, lait en poudre, fromages, yaourt, beurre, crème glacée, etc.), ni l'effet de traitements autres que le traitement thermique ne sont abordés dans cet avis.

Concernant le volet microbiologique, seulement les risques liés aux micro-organismes zoonotiques et aux micro-organismes provenant de l'environnement sont envisagés. Les risques liés à des micro-organismes provenant des humains (par ex. *Shigella* spp., norovirus) ne sont pas pris en considération. En ce qui concerne le volet chimique, il n'est pas tenu compte de la présence potentielle de contaminants chimiques (p.ex. aflatoxines M1 et M2, PCBs et dioxines, résidus de médicaments vétérinaires dont les antibiotiques).

Cet avis du Comité scientifique est un résumé d'une vaste étude bibliographique et se fonde sur une opinion d'experts.

1.2. Contexte légal

- *Le Règlement (CE) N° 178/2002* décrit l'approche européenne pour la sécurité provenant de l'ensemble de la chaîne de production alimentaire et s'applique, par conséquent, aussi aux laiteries puisque ces dernières produisent, transforment et distribuent des denrées alimentaires.
- *Le Règlement (CE) N° 852/2004* reprend les mesures d'hygiène générales auxquelles une entreprise de production doit satisfaire. Il y est notamment aussi précisé que les principes HACCP¹ doivent être appliqués par les entreprises et que la responsabilité de la sécurité du produit incombe à l'exploitant.
- *Le Règlement (CE) N° 853/2004* décrit les mesures d'hygiène spécifiques applicables aux denrées alimentaires d'origine animale. Il s'agit en l'occurrence de la santé animale, de l'hygiène sur le lieu de production et de définitions, notamment pour le lait cru. Ensuite, ce règlement stipule que le lait peut provenir uniquement d'animaux qui ne présentent pas de symptômes de zoonoses, de problèmes digestifs, de problèmes de reproduction, ni de problèmes de pis. Les animaux doivent être indemnes de *Brucella* et de tuberculose.
- *Le Règlement (CE) N° 854/2004* concerne les inspections officielles des produits d'origine animale (dont le recours correct au HACCP et le contrôle des critères microbiologiques, des résidus et de la contamination du produit).

1.3. Définition

La définition du lait cru est la suivante : « lait produit par la sécrétion de la glande mammaire d'animaux d'élevage et non chauffé à plus de 40 °C, ni soumis à un traitement d'effet équivalent » (Règlement (CE) N° 853/2004).

Vu les discussions durant les réunions de groupe de travail des 2 avril, 19 juin et 29 octobre 2012, et la séance plénière du 22 mars 2013 ;

le Comité scientifique émet l'avis suivant :

¹ Un plan HACCP a été établi aux Pays-Bas et en Flandre par la « Coöperatieve Vereniging van Samenwerkende Paardenmelkers Nederland-Vlaanderen » (SPaNV), avec notamment la mention de critères d'hygiène (<http://www.verenigingpaardenmelkers.com/>).

Table des matières

1.	Termes de référence.....	6
1.1.	Problématique.....	6
1.2.	Contexte légal.....	6
1.3.	Définition.....	6
2.	Introduction.....	9
2.1.	Qualité du lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches.....	10
2.1.1.	Nombre de cellules somatiques.....	11
2.1.2.	Nombre de germes totaux.....	12
2.2.	Traitement thermique du lait.....	12
3.	Avis.....	13
3.1.	Risques microbiologiques liés à la consommation de lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches.....	13
3.1.1.	Agents pathogènes pour l'homme que l'on peut retrouver dans le lait cru.....	13
3.1.2.	Epidémies humaines liées à la consommation de lait cru.....	14
3.1.3.	Fréquences d'isolement de micro-organismes pathogènes pour l'homme dans le lait cru.....	15
3.1.4.	Gravité des effets néfastes causés à la santé publique par des micro-organismes pathogènes pour l'homme après consommation de lait cru contaminé.....	17
3.1.5.	Evaluation des risques microbiologiques.....	21
3.1.5.1.	En Belgique.....	21
3.1.5.2.	A l'étranger.....	23
3.1.6.	Effet du traitement thermique sur les risques microbiologiques.....	23
3.2.	Risques (bio)chimiques / nutritionnels liés à la consommation de lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches.....	24
3.3.	Bénéfices microbiologiques liés à la consommation de lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches.....	24
3.3.1.	Micro-organismes que l'on peut retrouver dans le lait cru.....	24
3.3.1.1.	Bactéries lactiques.....	24
3.3.1.2.	Probiotiques.....	25
3.3.2.	Effet du traitement thermique sur les bénéfices microbiologiques.....	25
3.4.	Bénéfices (bio)chimiques / nutritionnels liés à la consommation de lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches.....	25
3.4.1.	Valeur nutritive: Composition du lait.....	25
3.4.1.1.	Protéines du lait.....	26
3.4.1.2.	Matière grasse laitière.....	36
3.4.1.3.	Les sucres du lait.....	39
3.4.1.4.	Les vitamines dans le lait.....	41
3.4.1.5.	Les minéraux du lait.....	41
3.4.1.6.	Conclusions.....	46
3.4.2.	Digestibilité et effets prébiotiques.....	46
3.4.2.1.	Digestibilité (absorption des nutriments).....	46
3.4.2.2.	Effets prébiotiques.....	47
3.4.3.	Allergies et immunité.....	47
3.4.3.1.	Allergie au lait et intolérance au lactose.....	47
3.4.3.2.	Systèmes antimicrobiens dans le lait.....	49
4.	Conclusions.....	53

5.	Références	59
----	------------------	----

Liste des tableaux

Tableau 1.	Production (nombre de tonnes x 10 ³) de lait entier de différentes espèces animales en Europe.....	9
Tableau 2.	Aperçu des différents traitements thermiques pertinents du lait	12
Tableau 3.	Composition « brute » du lait d'un certain nombre d'espèces de mammifères (g/l)	27
Tableau 4.	Concentration en caséine et en protéines de lactosérum (g/l) dans le lait de différentes espèces animales	28
Tableau 5.	Activité (U/l) ¹ d'enzymes endogènes dans le lait de différentes espèces animales.....	29
Tableau 6.	Teneurs en GF (µg/l) du lait (de vache) cru et traité thermiquement, reprises dans la littérature	31
Tableau 7.	Concentrations en polyamines et nucléotides (µmol/l) dans le lait de différentes espèces, reprises dans la littérature	31
Tableau 8.	Composition en acides aminés du lait de différentes espèces animales (g/100g protéine de lait).....	34
Tableau 9.	Profil d'acides gras (% des acides gras totaux) et teneur en cholestérol du lait de différentes espèces animales.....	38
Tableau 10.	Oligosaccharides (g/ l) dans les différents types de lait et/ou de colostrum	40
Tableau 11.	Teneur en vitamines (µg/100ml) dans le lait de différentes espèces mentionnée dans la littérature	43
Tableau 12.	Teneur en éléments inorganiques (mg/100g) dans le lait de différentes espèces, mentionnée dans la littérature.....	44
Tableau 13.	Composants / systèmes antimicrobiens du lait	51
Tableau 14.	Bref aperçu de la composition du lait de différentes espèces animales et effet de la chaleur (pasteurisation) sur les différents composants du lait.....	56

Liste des figures

Figure 1.	Teneur en protéines (a), matières grasses (b) et lactose (c) du lait de différentes espèces indiquées dans la littérature (sur la base du Tableau 3).....	27
Figure 2.	Distribution d'acides aminés dans le lait de différentes espèces animales (Tableau 8), exprimée en pourcentage des besoins essentiels journaliers en acides aminés chez les adultes (*) à partir de la consommation de 100 ml de lait cru.....	33
Figure 3.	Contribution de l'ingestion de vitamines (a) et de composants organiques (b) via la consommation de 100 ml de lait cru provenant de différentes origines à l'apport journalier recommandé (AJR %) ¹ pour les adultes.....	45

Liste des annexes

Annexe 1.	Nombre de cellules somatiques dans le lait cru.....	71
Annexe 2.	Nombre de germes totaux dans le lait cru	73
Annexe 3.	Liste des agents pathogènes humains pertinents qui peuvent être trouvés dans les exploitations laitières et qui peuvent donc contaminer le lait cru.....	75
Annexe 4.	Liste non exhaustive des cas humains rapportés et des épidémies liés à la consommation de lait de chèvre cru	77
Annexe 5.	Liste non exhaustive des cas humains rapportés et des épidémies liés à la consommation de lait de chamelle cru	79
Annexe 6.	Fréquences d'isolement de micro-organismes pathogènes pour l'homme dans le lait cru provenant d'espèces autres que les vaches	80
Annexe 7.	Evaluation des risques microbiologiques liés au lait cru de caprins, d'ovins, de chevaux et d'ânes en Belgique.....	86
Annexe 8.	Evaluation des risques microbiologiques liés au lait cru provenant d'espèces autres que les vaches, les caprins, les ovins, les chevaux et les ânes dans les pays autres que la Belgique	87

2. Introduction

Généralement le lait de bovins est le lait le plus produit et le plus consommé. Toutefois, dans certaines parties du monde, le lait provenant d'autres espèces animales représente une part importante de la consommation de lait. À l'échelle mondiale, après le lait de bovins, la production de lait se concentre principalement dans le lait de bufflonne (13,2 % de tout le lait produit, y compris le lait de bovins), suivi du lait de chèvre (2,21 %), du lait de brebis (1,32 %) et du lait de chamelle (0,26 %). Le **Tableau 1** représente la production de lait estimée en Europe pour un certain nombre d'espèces animales. En Europe, la proportion de lait qui ne provient pas des bovins s'élève à environ 2,9 % de la production totale de lait, et est essentiellement constituée de lait de brebis (produit principalement dans le bassin méditerranéen). Ces chiffres sont néanmoins indicatifs, étant donné que de relativement grandes quantités de lait produites pour la consommation propre ne sont pas rapportées. Ces chiffres ne font pas davantage la distinction entre le lait cru et le lait transformé (par ex. traitement thermique, fromage).

D'autres espèces animales, à l'instar des juments, ânesses et yacks, contribuent à concurrence de moins de 0,1 % à la production mondiale de lait (Faye & Konuspayeva, 2012). La consommation de lait de jument et d'ânesse connaît une renaissance en Europe continentale, avec de nouvelles laiteries en Belgique, en France, aux Pays-Bas et en Norvège (Marchand *et al.*, 2009). En Flandre et aux Pays-Bas, on dénombrait déjà 23 laiteries chevalines en activité (Van der Burg *et al.*, 2011). Il ne s'agit pourtant pas d'une nouvelle tendance. Dès le début du 20^e siècle, le lait de jument était tellement populaire en Allemagne qu'on le vendait en porte-à-porte, et on peut faire remonter l'utilisation d'ânesses comme animaux laitiers à l'antiquité romaine et égyptienne (Uniacke-Lowe *et al.*, 2011). Après les bufflonnes, brebis, chèvres, juments, ânesses et yacks, on trouve encore la production marginale de lait d'animaux tels que les rennes et les lamas. Même certaines espèces animales sauvages, telles que les zèbres et les élans, sont décrites comme des « animaux laitiers » potentiels (Faye & Konuspayeva, 2012).

Tableau 1. Production (nombre de tonnes x 10³) de lait entier de différentes espèces animales en Europe

	2000	2002	2004	2006	2008	2010
Belgique						
Lait de vache	3689	3469	3060	2837	2849	3067
Europe (total)						
Lait de vache	209719	212050	208770	209183	209026	207371
Lait de bufflonne	144	152	190	228	224	218
Lait de chamelle	0	0	0,063	0,080	0,080	0,080
Lait de chèvre	2511	2561	2660	2547	2579	2604
Lait de brebis	2881	3008	2951	3099	3108	3378

(source : FAOSTAT, 2012*)

* FAO Statistics Division 2012 (<http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>), 08 juin 2012 ; les données relatives à la production de lait sont rapportées selon le concept de la production de lait nette : production totale de lait entier, frais, à l'exception du lait tété par de jeunes animaux, mais y compris le lait utilisé comme aliment pour animaux ; sur la base de données tant officielles, semi-officielles qu'estimées.

On trouve de nombreux renvois anecdotiques sur les avantages nutritionnels et médicaux du lait cru sur Internet et dans la presse populaire, mais les études étayées techniquement, consacrées à ce sujet dans la littérature scientifique, sont rares. Les risques et bénéfices de la consommation de lait cru de bovins et l'effet du traitement thermique sur ces risques et bénéfices ont déjà été examinés de manière approfondie dans l'avis 15-2011 du Comité scientifique (AFSCA, 2011). En ce qui concerne le lait cru provenant d'autres espèces animales, les bénéfices les plus souvent cités sont la valeur nutritive supérieure et l'absence d'allergie au lait. Ensuite, on promeut le lait, en particulier le lait cru de jument et d'ânesse, comme un produit de santé capable de, entre autres, prévenir ou de guérir l'athérosclérose, les maladies intestinales chroniques, le rhumatisme et le cancer, comme produit de base de pommades contre les affections de la peau, et comme alternative appropriée au lait maternel et aux aliments pour nourrissons. Lorsque l'on promeut des propriétés médicinales, il faut toutefois pouvoir offrir la garantie que les substances médicinales actives sont présentes en quantités suffisantes dans le produit, quelle que soit l'influence de facteurs externes. Néanmoins, étant donné la

variabilité de la composition du lait, y compris entre différentes races d'une même espèce animale (variabilité génétique), la teneur en composants bénéfiques peut varier dans le lait d'une même espèce animale. Le fait de revendiquer des propriétés curatives crée des attentes chez le consommateur qui espère un même pouvoir curateur d'un certain type de lait, quelle que soit la race de l'animal, la ration, le moment de la traite, etc.

En outre, il est souvent conseillé de boire le lait cru, car le traitement thermique annulerait ces bénéfices pour la santé. Boire du lait cru comporte cependant des risques, car les micro-organismes présents constituent un risque pour la santé publique, surtout pour les personnes vulnérables (groupe YOPI)² et en particulier les jeunes enfants (voir 3.1).

En Flandre et aux Pays-Bas, on estime que trois quarts du lait de jument sont consommés crus et qu'environ 20 % est concentré et transformé en gélules. Un faible pourcentage (~5 %) est transformé en produits cosmétiques, liqueurs et boissons Biogarde (van der Burg *et al.*, 2011). Il est possible de prolonger la durée de conservation du lait de jument par la congélation ou par l'atomisation ou la lyophilisation (concentration). Lors du processus d'atomisation le lait de jument est pasteurisé, ce qui permet de détruire une grande partie des éventuelles bactéries pathogènes, mais dont les propriétés bénéfiques du lait de jument ne sont pas nécessairement conservées. La lyophilisation diffère de l'atomisation car les températures utilisées pour l'extraction de l'eau sont beaucoup plus basses, à savoir des températures de congélation. Le lait concentré par atomisation ou lyophilisation est souvent transformé en gélules qui peuvent être avalées directement ou diluées dans de l'eau (Doreau & Martin-Rosset, 2002).

Les laits de brebis et de chèvre sont principalement utilisés pour produire des fromages. La consommation de lait de chèvre gagne en importance, principalement aux Pays-Bas, où l'on trouve dans le commerce du lait de chèvre traité UHT. Le lait de bufflonne existerait sous forme pasteurisée, stérilisée/traitée UHT ou séchée (Mittaine, 1962). Le lait de chamelle est principalement bu frais ou fermenté. Selon Farah & Atkins (1992), le lait de chamelle n'est pas traité thermiquement. Shamsia (2009) mentionne toutefois que l'on trouve du lait de chamelle pasteurisé dans la région du Golfe persique et en Mauritanie.

L'objectif de cet avis est d'évaluer les risques et les bénéfices microbiologiques, (bio)chimiques et nutritionnels de la consommation de lait cru provenant d'espèces animales autres que les bovins (p. ex. le lait de jument, d'ânesse, de brebis, de chèvre etc.) et l'effet des différents traitements thermiques sur ces risques et bénéfices.

Etant donné le nombre réduit de données bibliographiques concernant l'effet d'un traitement thermique sur la composition et la sécurité du lait cru provenant d'espèces autres que le bovin, il faudra souvent extrapoler à partir de l'effet connu du traitement thermique sur le lait de bovins en prenant comme base les différences de composition des différents laits crus. L'effet du traitement thermique sur les risques et bénéfices de la consommation de lait cru de bovins a été traité de manière détaillée dans l'avis 15-2011 du Comité scientifique (AFSCA, 2011).

2.1. Qualité du lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches

En vertu du Règlement (CE) N° 853/2004³, le lait cru est défini comme étant le lait produit par la sécrétion de la glande mammaire d'un ou plusieurs animaux d'élevage et non chauffé à plus de 40°C, ni soumis à un traitement d'effet équivalent. Le lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches doit avoir un nombre de micro-organismes à 30°C \leq 1.500.000/ml. Le lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches et qui est destiné à fabriquer des produits à base de lait cru au moyen d'un procédé n'ayant pas recours à un traitement thermique doit avoir un nombre de micro-organismes à 30 °C \leq 500.000/ml. Le lait cru destiné à la consommation humaine tombe sous la réglementation alimentaire générale, qui précise que les aliments doivent être indemnes d'agents pathogènes.

La qualité du lait cru peut être déterminée au moyen de différents paramètres tels que le nombre de cellules somatiques, le nombre de germes totaux, le nombre d'*Enterobacteriaceae* et de

² jeunes enfants, personnes âgées, femmes enceintes, personnes immunodéprimées ou souffrant d'une maladie

³ URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:139:0055:0205:fr:PDF>

Staphylococcus aureus coagulase positifs. Les paragraphes suivants traitent du nombre de cellules somatiques et le nombre de germes totaux (voir **Annexe 1** et **Annexe 2** respectivement). Il s'agit de moyennes qui proviennent tant des résultats d'analyses effectuées sur le lait cru que d'études tirées de publications scientifiques. En ce qui concerne le nombre de germes totaux, les données doivent être interprétées avec prudence, étant donné qu'elles peuvent être déterminées de différentes manières / par des méthodes différentes.

2.1.1. Nombre de cellules somatiques

Le nombre de cellules somatiques du lait englobe le nombre de globules blancs et le nombre de cellules épithéliales présents dans le lait. Les globules blancs se composent de cellules mononucléaires (macrophages et lymphocytes) et de cellules neutrophiles. Ils constituent 70 à 80 % des cellules somatiques du lait. Les cellules épithéliales proviennent du tissu mammaire lui-même et constituent une très faible proportion des cellules somatiques du lait. Un nombre de cellules somatiques accru peut révéler un mauvais état de santé de l'animal (mammite (sub-)clinique), une baisse de la production de lait et une baisse des possibilités de transformation du lait (qualité et rendement). Des paramètres physiologiques peuvent également en être à l'origine (par exemple, la parité, le stade de la lactation et la race). Le nombre de cellules somatiques est un indicateur de la pression d'infection de l'animal à partir de l'environnement (AFSCA, 2001). Le nombre de cellules somatiques peut être mis en corrélation positive avec le nombre de germes totaux, mais il n'est pas indicatif de la présence d'agents pathogènes dans le lait (Griffiths, 2010).

Une étude montre que le nombre de cellules somatiques est plus élevé dans le lait de chèvre que dans le lait de vaches (D'Amico & Donnelly, 2010; Droke *et al.*, 1993). Cela apparaît également dans l'**Annexe 1**. Le nombre de cellules dans le lait de brebis est comparable à celui du lait de vache comme le montre l'étude de Paape *et al.* (2007), qui a examiné 2.197 échantillons de lait de brebis. Le nombre de cellules somatiques dans le lait de chèvre augmente pendant la lactation, passant de 200.000 cellules/ml à plus de 1.000.000 cellules/ml mais il arrive que l'on retrouve déjà un nombre élevé de cellules somatiques au début de la lactation (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2007a). Une étude montre que le nombre de cellules somatiques dans le lait de brebis saines peut atteindre jusqu'à 1.600.000 cellules/ml, mais que la limite supérieure pour un pis sain devrait être fixé habituellement à 250.000 cellules/ml (Ten Hag, 2010).

Une étude montre que le nombre de cellules somatiques est moins élevé dans le lait de jument que le lait de chèvre (Danków *et al.*, 2006). Cela apparaît également dans l'**Annexe 1**. Le nombre de cellules somatiques s'élève en moyenne à 41.000 cellules/ml (Salimei & Fantuz, 2012) et il atteint son maximum au début de la lactation, après quoi, il diminue au fur et à mesure de la lactation (Danków *et al.*, 2006). Le nombre de cellules somatiques relativement faible du lait de jument résulte de la protection de la mamelle qui est moins exposée aux blessures et infections, ainsi que de la vidange fréquente de la mamelle par le poulain, à raison de 60 fois par jour parfois (Danków *et al.*, 2006). Le nombre de cellules somatiques dans le lait d'ânesse peut varier de 3.000 à 32.000 cellules/ml (Salimei & Fantuz, 2012) et est comparable à celui du lait de jument. Pilla *et al.* (2010) ont découvert un nombre moyen de cellules inférieur à 50.000 cellules/ml dans 101 échantillons de laits d'ânesse. Le stade de lactation ou la saison n'a pas d'influence significative sur le nombre de cellules somatiques dans cette espèce (Ivanković *et al.*, 2009).

D'ordinaire, le nombre de cellules somatiques dans le lait de chamelle est inférieur à 400.000 cellules/ml, mais on peut trouver des nombres de cellules compris entre 800.000 et 1.600.000 cellules/ml dans le lait de chammelles atteintes de mammite (Alhadrami, 2002). Une étude réalisée en Allemagne révèle que le nombre moyen de cellules somatiques dans le lait de lamas sains est inférieur à celui des autres animaux que l'on utilise couramment pour la production laitière (Riek & Gerken, 2006). 369 échantillons de lait provenant de 94 lamas ont été examinés aux États-Unis. Aucun lama ne présentait de symptômes cliniques de mammite, mais 54 lamas avaient au moins une glande mammaire infectée. On n'a pas trouvé de différences significatives entre les nombres de cellules somatiques de lait de lamas infectés et non infectés (Rowan *et al.*, 1996). Les nombres de cellules somatiques dans le lait cru de bufflonne sont généralement inférieurs à ceux que l'on retrouve généralement dans le lait cru de vache. Le nombre de cellules dans le lait de bufflonne augmente

avec la lactation et est plus élevé dans le lait de bufflonnes avec mammite (Moroni *et al.*, 2006). Holand *et al.* (2002) ont découvert un nombre moyen de cellules inférieur à 150.000 cellules/ml dans le lait de renne.

2.1.2. Nombre de germes totaux

Le nombre de germes totaux dans le lait indique le degré de contamination du lait par des bactéries. Une étude a révélé que le nombre de germes totaux ne diffère pas de manière significative dans le lait cru de chèvre, de brebis et de vaches (D'Amico & Donnelly, 2010). Cela apparaît également dans l'**Annexe 2**. Le nombre de germes totaux dans le lait de chèvre et de brebis diffère selon le mois de traite de l'animal, le nombre de traites composant le lait de mélange, le système de traite et la taille du troupeau (Alexopoulos *et al.*, 2011 ; Gonzalo *et al.*, 2006; Gonzalo *et al.*, 2010 ; Zweifel *et al.*, 2005).

Le lait cru de jument présente une grande qualité microbiologique avec un faible nombre de germes totaux (Vencatasin, 2009). La qualité bactériologique du lait de jument est supérieure à celle du lait de vache (Doreau & Martin-Rosset, 2002) et le nombre de germes totaux s'élève en moyenne à 40.000 ufc/ml (Salimei & Fantuz, 2012). Le nombre de germes totaux est le plus élevé au début de la lactation, après quoi, il diminue au fur et à mesure de la lactation (Danków *et al.*, 2006). Le faible nombre de germes totaux est le résultat du bon état de santé, des propriétés intrinsèques et de la très bonne position anatomique naturelle de la mamelle (Salimei & Fantuz, 2012 ; Vencatasin, 2009). La taille réduite de la mamelle limite probablement l'exposition des trayons à la pression bactérienne (Doreau & Martin-Rosset, 2002). Le nombre de germes totaux dans le lait d'ânesse peut varier de 250 à 740.000 ufc/ml (Salimei & Fantuz, 2012) et est comparable à celui du lait de jument. Pilla *et al.* (2010) ont découvert un nombre moyen de germes totaux inférieur à 250 ufc/ml dans 101 échantillons de laits d'ânesse. Le stade de lactation ou la saison n'aurait pas d'influence significative sur le résultat du nombre de germes totaux (Ivanković *et al.*, 2009).

2.2. Traitement thermique du lait

Les principaux objectifs d'un traitement thermique du lait cru sont de s'assurer de la sécurité microbiologique et de prolonger la durée de conservation. Plusieurs types de traitements thermiques peuvent être appliqués au lait cru, dont la thermisation, la pasteurisation et la stérilisation, qui comprend le traitement UHT ('ultra high temperature'). Le **Tableau 2** présente un résumé des différents types de traitement du lait cru, avec la combinaison température/durée généralement utilisée, ainsi que de leurs conséquences sur la durée de conservation du lait et sur la présence de micro-organismes pathogènes. Cet avis traite surtout de l'effet de la pasteurisation et de la stérilisation (y compris du traitement UHT) sur les risques et bénéfices.

Tableau 2. Aperçu des différents traitements thermiques pertinents du lait

Traitement thermique	Combinaison température/durée (ou équivalent)	Objectif	Durée de conservation ^a
THERMISATION	57-68°C / 15-20 s	Réduction (3 à 4 log ₁₀) des micro-organismes végétatifs, commensaux et pathogènes, mais dans une moindre mesure qu'avec la pasteurisation. Aucune garantie quant à la sécurité microbiologique du lait. ^b	de 3 jours à 7°C
PASTEURISATION LTH : 'Low Temperature Holding' ou LTLT : 'Low Temperature, Long Time' (batch)	62-65°C / 30 min, suivie d'un refroidissement	Elimination (réduction 6 log ₁₀) des micro-organismes végétatifs, commensaux et pathogènes.	~ 1 semaine – 10 jours < 7°C
HTST : « High Temperature, Short-time » (flash pasteurisation)	71-74°C / 15-40 s, suivie d'un refroidissement	Pas d'élimination des spores thermorésistantes ; survie potentielle des micro-organismes végétatifs	

		thermorésistants.	
Pasteurisation haute	98°C / ~2 min (ou plus longtemps)	Possibilité de germination de spores bactériennes (<i>Clostridium</i> et <i>Bacillus</i>), avec multiplication des bactéries végétatives pendant la conservation.	
Ultra-pasteurisation	125-138°C / 2-4 s, suivie d'un refroidissement	Pas de destruction de toxines préformées de <i>S. aureus</i> , <i>B. cereus</i> (cereulide) et <i>C. botulinum</i> (toxine B).	
'EXTENDED SHELF-LIFE' (ESL)	Approche systématique de l'ensemble de la chaîne de traitement, avec microfiltration ou bactofugation combinée à un traitement thermique (p.ex. pasteurisation ou ISI)	En fonction du traitement appliqué	15-25 jours à 7°C
'INNOVATIVE STEAM INJECTION' (ISI)	150-200°C / <0,1 s	Inactivation significative des spores thermorésistants [§]	jusqu'à 60 jours < 7°C
'ULTRA HIGH TEMPERATURE' (UHT) Indirect (bobines ou plaques) Direct (injection/infusion de vapeur)	135-140°C / 6-10 s 140-150°C / 2-4 s	Destruction (réduction min. 12 log ₁₀) de tous les micro-organismes végétatifs, de toutes* les spores (y compris <i>Clostridium</i> et <i>Bacillus</i>) et de toutes les toxines importantes. Produit commercialement stérile [§] .	min. 3 mois à température ambiante.
STERILISATION	Brève pré-stérilisation à 130-140°C pendant quelques secondes, suivi par 110-120°C / 10-20 min		

Source : avis 15-2011 du Comité scientifique (AFSCA, 2011)

^a après ouverture de l'emballage, le lait ne peut se conserver que pendant 3 jours < 7°C

^b : la thermisation est principalement utilisée pour des raisons techniques pour augmenter la durée de conservation du lait cru réfrigéré avant des traitements ultérieurs

* excepté les spores de quelques bacilles non pathogènes thermorésistants, comme p.ex. *Bacillus thermodurans*.

[§] UHT et ISI donnent lieu à un produit sûr avec une perte de qualité moindre que lors de la stérilisation, parce qu'à ces températures supérieures, l'inactivation microbienne se fait plus rapidement que, par exemple la réaction de Maillard ou la réaction de brunissement.

3. Avis

3.1. Risques microbiologiques liés à la consommation de lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches

3.1.1. Agents pathogènes pour l'homme que l'on peut retrouver dans le lait cru

L'Annexe 3 dresse une liste des agents pertinents et pathogènes pour l'homme que l'on peut retrouver dans les exploitations laitières et qui peuvent dès lors contaminer le lait cru. Une distinction est faite entre la contamination endogène, où le lait est contaminé par transmission directe à partir du sang (infection systémique) ou via une mammite, et une contamination exogène, où le lait est contaminé via les fèces, la peau ou l'environnement (contamination externe pendant ou après la traite). Seulement les micro-organismes zoonotiques et ceux provenant de l'environnement sont envisagés. Les micro-organismes provenant de l'être humain (p.ex. *Shigella* spp., norovirus) ne seront pas pris en considération. La liste a été dressée à l'aide de l'avis 22-2008 du Comité scientifique (AFSCA, 2008) et repose sur une opinion d'experts.

Parmi les agents pathogènes pour l'homme repris dans l'**Annexe 3**, les micro-organismes suivants sont supposés être potentiellement présents dans le lait cru de chèvre, brebis, jument et ânesse en Belgique :

- Bactéries : *Bacillus cereus*, *Campylobacter coli*, *Campylobacter jejuni*, *Coxiella burnetii*, *Helicobacter pylori*, *Escherichia coli* pathogène pour l'homme, *Listeria monocytogenes*, *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP), *Salmonella*, *Streptococcus agalactiae* et *Streptococcus equi* subsp. *zooepidemicus*
- Parasites : *Cryptosporidium parvum*, *Toxoplasma gondii*

3.1.2. Epidémies humaines liées à la consommation de lait cru

Dans les publications scientifiques, on trouve davantage d'épidémies humaines liées à la consommation de lait cru de vache que d'autres espèces animales. Cela s'explique par le fait que ces types de lait sont produits à une moins grande échelle et sont moins souvent consommés par rapport au lait cru de vache. A ce jour, on n'a pas connaissance en Belgique d'épidémie humaine liée à la consommation de lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches. Par conséquent, cet avis examine les cas humains et épidémies recensés dans le monde entier.

La littérature scientifique rapporte des cas et épidémies humaines liés à la consommation de lait cru de chèvre (voir **Annexe 4**) et de chamelle (voir **Annexe 5**). On ne trouve pas d'épidémies humaines liées à d'autres espèces animales. Il faut probablement imputer cela au fait que le lait cru de chèvre (et le lait cru de chamelle, du moins à l'étranger) est consommé dans une plus grande mesure que le lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches. Les listes dans l'**Annexe 4** et l'**Annexe 5** ne sont pas exhaustives, étant donné qu'il est impossible de trouver tous les cas et épidémies rapportés dans les publications. Il convient de noter que tous les cas ou épidémies humaines ne sont pas rapportés et qu'il n'est pas possible d'établir un lien épidémiologique avec la source d'infection pour tous ces cas ou épidémies. Par conséquent, l'incidence réelle est sou-estimée. La liste comprend les cas et épidémies rapportés tant dans la littérature scientifique que dans d'autres sources de données.

À l'échelle mondiale, on rapporte souvent *E. coli* O157 et *Campylobacter jejuni* comme causes de cas humains liés à la consommation de lait cru de chèvre (voir **Annexe 4**), ainsi que de lait cru de vaches (AFSCA, 2011). En ce qui concerne les épidémies provoquées par les *E. coli* (VTEC) producteurs de vérocytotoxines pathogènes pour l'homme autres que le sérotype O157:H7, il faut tenir compte du fait qu'il n'existe pas de méthode standardisée permettant d'isoler et de diagnostiquer toutes ces souches.

Brucella spp. dans le lait cru de chèvre et de chamelle a déjà provoqué un certain nombre de cas humains (voir **Annexe 4** et **Annexe 5**). Des études montrent que la principale source de brucellose humaine semble être liée à la consommation de lait non pasteurisé de chèvre, brebis et chamelle (Mousa *et al.*, 1988 ; Shaalan *et al.*, 2002). Une étude réalisée en Arabie saoudite et au Koweït montre que la principale source d'infection à *Brucella* aussi bien chez les enfants (al-Eissa *et al.*, 1990 ; Benjamin & Annobil, 1992) que chez les adultes (Lulu *et al.*, 1988) est le lait cru.

Une épidémie de fièvre Q dans une institution psychiatrique, décrite par Fishbein & Raoult (1992) (voir **Annexe 4**), montre que *Coxiella burnetii* peut être transmise à l'homme via le lait cru de chèvre. Toutefois, il ne peut être exclu que la transmission aérodynamique était à la base de cette infection, comme c'est généralement le cas avec le transfert de *Coxiella burnetii* des animaux aux hommes. En ce qui concerne le lait cru de bovins, on ne retrouve pas d'épidémies humaines relatives à ce pathogène dans les publications. Suite à une épidémie de fièvre Q aux Pays-Bas, le Comité scientifique s'est prononcé, lors du conseil urgent 01-2010, sur la manière de détecter les exploitations de petits ruminants qui constituent un risque pour la santé publique, et a présenté les mesures qui doivent être prises dans les exploitations positives (AFSCA, 2010a).

L'**Annexe 4** décrit également une épidémie humaine liée à des entérotoxines de *Staphylococcus aureus* à partir de lait cru de chèvre. Cette épidémie a été provoquée par une seule chèvre souffrant d'une mammite. Aucune épidémie n'a été rapportée concernant le lait cru de vaches (AFSCA, 2011).

La rareté ou l'absence d'épidémies dues à des entérotoxines de *Staphylococcus aureus* peut s'expliquer par l'altération rapide du lait cru avant qu'un nombre suffisant de micro-organismes pathogènes ne soit atteint. Le *Staphylococcus aureus* doit, en effet, être présent en quantités supérieures à 10^5 ufc/ml avant que les entérotoxines produites ne puissent provoquer une intoxication chez l'homme.

Le virus de l'encéphalite à tiques (TBEV) a provoqué une grande épidémie et des cas liés à la consommation de lait cru de chèvre. En République tchèque, 64 cas d'encéphalites à tiques ont été rapportés durant la période 1997-2004 suite à la consommation de lait non pasteurisé de chèvres et de vaches ainsi que de fromages produits à partir de lait de brebis non pasteurisé. 56% de tous ces cas ont été provoqués par la consommation de lait cru de chèvre (Kříz *et al.*, 2009).

Enfin, des infections liées à la consommation de lait cru de chèvre contaminé par *Toxoplasma gondii* ont été décrites et sont reprises dans l'**Annexe 4**. De tels cas n'ont pas été décrits pour le lait cru de bovins.

En ce qui concerne *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* et les souches pathogènes de *Streptococcus*, on n'a pas rapporté d'épidémies liées à la consommation de lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches. Des publications décrivent toutefois un nombre élevé d'épidémies humaines de salmonelloses imputables à la consommation de lait cru de vache (AFSCA, 2011). On dénombre rarement des cas humains de listériose et d'infections liées à *Streptococcus equi* subsp. *zooepidemicus* imputables à la consommation de lait cru de vaches (AFSCA, 2011). Comme pour *Staphylococcus aureus*, cela peut s'expliquer pour *Listeria monocytogenes* et *Bacillus cereus* par l'altération rapide du lait cru qui ne permet pas une croissance suffisante de ces pathogènes pour provoquer une maladie chez l'homme.

3.1.3. Fréquences d'isolement de micro-organismes pathogènes pour l'homme dans le lait cru

On ne dispose pas de données relatives à la détermination systématique des prévalences de micro-organismes pathogènes pour l'homme dans le lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches. Des études ponctuelles publiées dans la littérature scientifique internationale donnent toutefois une indication des fréquences de leur occurrence dans le lait cru. Etant donné que le nombre d'études pour certains micro-organismes est limité, il a été décidé de collecter et d'analyser les études du monde entier. Dans l'**Annexe 6**, on trouve les fréquences d'isolement de micro-organismes pathogènes pour l'homme dans le lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches. Lors de la comparaison de ces fréquences d'isolement avec celles du lait cru de vaches, il convient de tenir compte du fait que l'on a réalisé davantage d'études sur le lait cru de vaches que sur le lait cru provenant d'autres espèces animales. Par ailleurs, il convient de noter que les fréquences d'isolement peuvent varier en fonction du protocole de l'étude considérée. Cela peut être dû aux différences géographiques, à la saison, à la taille de la ferme, à la densité animale, aux différences régionales en matière d'élevage et de soins aux animaux, aux variations dans les échantillonnages et des types d'échantillons, aux différences de méthodes d'isolement, etc.

Salmonella spp. a été détecté uniquement dans le lait cru de brebis et de chamelle, et pas dans le lait cru de chèvre, jument, ânesse ou bufflonne. La fréquence d'isolement dans le lait cru de brebis est faible et varie entre 0 et 5%. Salimei & Fantuz (2012) confirment l'absence de *Salmonella* spp. dans le lait cru d'équidés. A titre de comparaison, la fréquence de ce pathogène varie dans le lait cru de vaches de 0 à 1% (AFSCA, 2011).

Campylobacter spp. a été détecté uniquement dans le lait cru de brebis, et pas dans le lait cru de chèvre, jument ou bufflonne. La présence possible de *Campylobacter jejuni* dans le lait cru de chèvre ressort toutefois d'une épidémie consécutive à la consommation de lait cru de chèvre (voir **3.1.2**). La fréquence de présence de *Campylobacter jejuni* dans le lait cru de vache varie de moins de 1% dans la plupart des pays à un peu plus de 12% (AFSCA, 2011).

Différentes études montrent la présence potentielle de VTEC pathogènes pour l'homme dans le lait cru de chèvre, brebis, bufflonne et yack, mais pas dans le lait cru de jument. Les fréquences de

présence d'*E. coli* O157:H7 dans le lait cru de chèvre et de brebis s'élèvent à environ 1%, mais celles des VTEC peuvent grimper à 16,3% pour le lait de chèvre et 12,7% pour le lait de brebis (Muehlherr *et al.*, 2003). A titre de comparaison, la fréquence de détection d'*E. coli* pathogènes pour l'homme dans le lait cru de vache est de 0 à 5,7% (AFSCA, 2011) et l'AFSCA a détecté, en 2011, *E. coli* O157 dans 1 seul des 49 échantillons de lait cru de vaches examinés. Les études mentionnées dans l'**Annexe 6** n'indiquent toutefois pas toujours si les souches détectées étaient pathogènes pour l'homme. Les VTEC pathogènes pour l'homme comportent des gènes pour la production de vérotoxines et une combinaison de gènes codant pour des facteurs de virulence pour la fixation dans l'intestin, pour d'autres facteurs d'adhésion, et leurs régulateurs. Mais il s'agit seulement d'une indication de la pathogénicité qui n'offre aucune certitude absolue. Etant donné les différentes méthodes décrites dans la littérature pour détecter *E. coli* pathogène pour l'homme, les données doivent être interprétées avec prudence. Il n'existe pas de méthode validée que l'on puisse utiliser pour isoler tous les sérotypes non O157 d'*E. coli*, raison pour laquelle il est difficile d'évaluer la prévalence de ces sérotypes dans le lait cru (Vernozy-Rozand & Roze, 2003).

La fréquence de *Listeria monocytogenes* dans le lait cru de chèvre s'élève à 8% ou moins et dans le lait cru de brebis à 4% ou moins. Ce pathogène n'a pas été détecté dans le lait cru de jument. Salimei & Fantuz (2012) confirment l'absence de *Listeria monocytogenes* dans le lait cru d'équidés. En ce qui concerne le lait cru de vache, la fréquence varie généralement entre 0 et 10% (AFSCA, 2011).

Staphylococcus aureus a déjà été détectée dans le lait cru de chèvre, brebis, jument, ânesse, chamelle et bufflonne. Les études n'indiquent cependant pas toujours si ces souches pouvaient ou non produire des entérotoxines (les cas avérés de production d'entérotoxines figurent dans l'**Annexe 6**). On n'a pas détecté de *Staphylococcus aureus* producteurs d'entérotoxines dans le lait cru d'ânesse.

A propos de la fréquence de détection de *Bacillus cereus* dans le lait cru des autres espèces, aucune information n'a été trouvée. Tant dans le lait cru de chèvre que dans le lait cru de brebis, *Bacillus* spp. a été détecté dans environ 30% des échantillons testés (Fotou *et al.*, 2011; Kalogridou-Vassiliadou, 1991). Cependant, les études ne donnaient aucun détail sur les espèces (*in casu Bacillus cereus*) (voir **Annexe 6**).

Streptococcus spp. a déjà été détecté dans le lait cru de chèvre, brebis, ânesse et chamelle. Les études n'indiquent cependant pas toujours si ces souches pouvaient ou non produire des toxines (les cas avérés de production d'entérotoxines figurent dans l'**Annexe 6**). On a détecté *Streptococcus equi* et *Streptococcus equisimilis* dans le lait cru de jument et d'ânesse (Pilla *et al.*, 2010; Salimei & Fantuz, 2012). On a isolé *Streptococcus agalactiae* (Abdurahman *et al.*, 1995) et *Streptococcus equi zooepidemicus* (Younan *et al.*, 2005) dans le lait cru de chamelle.

En 2003, la Belgique a été déclarée officiellement indemne de brucellose. Depuis 2010, plusieurs foyers à *Brucella abortus* ont été détectés dans des exploitations bovines en Belgique (AFSCA, 2012). En 2008, six Etats membres de l'Union européenne ont livré des informations sur la présence de *Brucella* spp. dans le lait. Dans le rapport, aucune distinction entre les différentes espèces de *Brucella* n'a été faite. La majorité des échantillons était du lait cru de vaches et aucun de ces échantillons ne s'est révélé positif (EFSA, 2010). La présence possible de *Brucella* spp. dans le lait cru de chèvre ressort toutefois des cas consécutifs à la consommation de lait cru de chèvre en Espagne, aux États-Unis et au Namibie (voir **3.1.2**). Les espèces de *Brucella* n'étaient pas précisées. *Brucella abortus* avait déjà été détecté dans le lait cru de bufflonne (Capparelli *et al.*, 2009) et de renne (Forbes & Tessaro, 1993).

Les informations sur la fréquence de *Yersinia enterocolitica* dans le lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches sont rares. Ce pathogène n'a pas été détecté dans le lait cru de bufflonne (Toora *et al.*, 1989). La fréquence semble élevée dans le lait de mélange cru de vaches. Il s'agit toutefois principalement *in casu* de souches environnementales non virulentes, et des souches associées aux infections humaine et celles ayant un potentiel de virulence avéré sont rarement isolées dans le lait (AFSCA, 2011). Schiemann (1987) a indiqué qu'il n'existe pas de méthode d'isolement suffisamment sélective de *Yersinia enterocolitica* pathogène en présence des bactéries apparentées que l'on retrouve dans le lait. En effet, les souches environnementales peuvent masquer la présence

de souches virulentes et des techniques spéciales sont nécessaires pour isoler les souches virulentes (McManus & Lanier, 1987).

Selon les publications, la fréquence de *Coxiella burnetii* varie de 1,8 à 4,5% dans le lait cru de chèvre, de 0 à 5,7 % dans le lait cru de brebis, tandis que dans le lait cru de chamelle, elle s'élève à 1,4 %. Dans le lait cru de vaches, cette fréquence varie de 3,2 à 6,2% (Rahimi *et al.*, 2008 ; Rahimi *et al.*, 2011), ce qui est légèrement supérieur au pourcentage rencontré dans le lait cru de chèvre, brebis et chamelle. Après une épidémie de fièvre Q ayant touché des chèvres en France en 2002, on a recherché en 2003 la présence de *Coxiella burnetii* dans des échantillons de lait de chèvre. On n'a retrouvé la bactérie que dans le lait de chèvres qui avaient subi un avortement, et ce, pendant pratiquement trois mois après la mise bas. Par la suite, la bactérie n'était plus présente dans le lait, pas même au cours de la saison suivante de mise-bas (Berri *et al.*, 2005). Après une épidémie de fièvre Q ayant touché des chèvres et brebis aux Pays-Bas en 2007, on a recherché en 2008 la présence de *Coxiella burnetii* dans des échantillons de lait de chèvre et de brebis. Une analyse par PCR en temps réel a révélé que respectivement 32,9 et 0% des échantillons de lait cru de chèvre et de brebis étaient positifs (van den Brom *et al.*, 2012).

Helicobacter pylori avait déjà été isolé dans du lait de chèvre, brebis, chamelle et bufflonne (Quaglia *et al.*, 2008 ; Rahimi *et al.*, 2012). Les fréquences d'isolement d'*Helicobacter pylori* varient, selon les publications de 8,7 à 25,6% dans le lait cru de chèvre, de 0 à 60,3% dans le lait cru de brebis, et s'élèvent à 23,4% dans le lait cru de bufflonne et 3,6% dans le lait cru de chamelle. Dans le lait cru de vache, cette fréquence varie de 14,1 à 50% (Quaglia *et al.*, 2008 ; Rahimi *et al.*, 2012), ce qui est largement supérieur au pourcentage rencontré dans le lait cru des autres espèces. Une étude réalisée au Japon a détecté de l'ADN d'*Helicobacter pylori* dans 72,2% des échantillons de lait cru de vaches examinés (Fujimura *et al.*, 2002).

La paratuberculose a une fréquence similaire dans le lait cru de chèvre et de brebis et varie entre 0% et 24%. Au Mexique, des échantillons individuels de lait de chèvre et de vache séropositives et des échantillons de lait de mélange de chèvres et de vaches précédemment infectées par le MAP (*Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*), ont été examinés par PCR. 56,25% des échantillons de lait de vache et 63,63% des échantillons de lait de chèvre étaient PCR-positifs et 10 des 14 échantillons de lait de mélange comportaient des mycobactéries vivantes (Favila-Humara *et al.*, 2010). En ce qui concerne le lait cru de vache, la fréquence de MAP varie entre 7,8 et 32,5% (NACMCF, 2010).

Le TBEV (virus de l'encéphalite à tiques) survient avec une fréquence légèrement supérieure à 20% dans le lait cru de chèvre et de brebis en Pologne.

Aucune information n'est disponible dans la littérature concernant la fréquence de présence de *Toxoplasma gondii* dans le lait cru. Toutefois, la séroprévalence élevée (67%) de ce parasite dans les chameaux du Soudan laisse présager que ce parasite peut s'avérer important pour la santé des nomades qui consomment du lait cru de chamelle (Elamin *et al.*, 1992).

3.1.4. Gravité des effets néfastes causés à la santé publique par des micro-organismes pathogènes pour l'homme après consommation de lait cru contaminé

La pathogénicité pour l'homme et le développement d'une maladie après consommation de lait cru contaminé dépendent d'un certain nombre de facteurs tels que le nombre de micro-organismes ingérés, la dose infectieuse, la pathogénicité, l'état de stress du micro-organisme, le moment de l'ingestion du micro-organisme, l'état de santé du consommateur, etc. Les personnes qui présentent le risque le plus élevé sont le groupe des YOPIs². Toutefois, des adultes en bonne santé peuvent aussi être malades.

Dans le cadre du plan de contrôle de l'AFSCA, des scores ont été attribués aux effets néfastes causés à la santé publique par les micro-organismes pathogènes pertinents, sur une échelle de 1 à 4, 4 étant le plus grave. Pour autant qu'ils aient été décrits dans l'avis 40-2005, l'avis 13-2010 et l'avis 04-2013 du Comité scientifique (AFSCA, 2005, 2010b), ils sont mentionnés dans les paragraphes suivants.

Les VTEC pathogènes pour l'homme sont caractérisés par la possibilité de produire des véro(cyto)toxines (Shiga-toxines) et rassemblent 200 à 400 sérotypes. *E. coli* O157:H7 est le plus fréquemment associé à la maladie chez l'homme. D'autres sérotypes pour lesquels des souches pathogènes ont été les plus fréquemment rapportées sont les VTEC O26, O103, O111, O145, O91, O45 et O121. Les VTEC pathogènes ont une dose infectieuse qui est estimée entre 10 et 200 cellules ; pour *E. coli* O157:H7, on estime que 10 à 100 cellules suffisent pour provoquer une infection. La période d'incubation après consommation du lait cru est de 1 à 4 jours. Les symptômes sont des crampes abdominales, des nausées, des vomissements et de la diarrhée aqueuse ou sanglante. Les infections par VTEC peuvent aller d'asymptomatiques à des complications graves telles que des colites hémorragiques et le syndrome hémolytique et urémique (HUS), qui peut provoquer une insuffisance rénale. Les patients atteints de HUS ont une mortalité de 3 à 5%. Les enfants âgés de moins de 5 ans et les personnes âgées de plus de 60 ans sont particulièrement vulnérables, de même que les personnes dont le système immunitaire est affaibli (FDA, 2012). Le score pour la gravité des effets néfastes causés à la santé publique est de 4.

Le lait cru est l'une des principales sources alimentaires de *Campylobacter jejuni*. La dose infectieuse serait de 500 à 10 000 cellules. La période d'incubation dure 2 à 5 jours. Les symptômes sont de la fièvre, de la diarrhée, des crampes abdominales et des vomissements. La maladie, appelée campylobactériose, est généralement une gastro-entérite spontanément résolutive qui dure 2 à 10 jours. Des complications graves peuvent également survenir, comme de l'arthrite réactive ou le syndrome de Guillain-Barré. *Campylobacter coli* provoque des symptômes similaires à *Campylobacter jejuni*. Les personnes les plus vulnérables sont les enfants de moins de 5 ans (surtout de 6 à 12 mois), les jeunes adultes de 15 à 29 ans et les personnes dont le système immunitaire est affaibli. Les femmes enceintes peuvent transmettre l'infection au fœtus, engendrant un risque de fausse couche ou de mortinatalité (FDA, 2012). Le score pour la gravité des effets néfastes causés à la santé publique est de 3.

Le lait et les produits laitiers ont déjà été associés à des infections à *Salmonella* spp. et la contamination peut e.a. survenir par contamination croisée. Selon le sérotype, *Salmonella* peut provoquer deux sortes de maladie : la salmonellose non-Typhi et la fièvre typhoïde. En ce qui concerne la salmonellose non-Typhi, la dose infectieuse est très variable et dépendant de la souche, des aliments ingérés et de l'individu concerné. Elle pourrait être d'une seule cellule, mais est le plus souvent plus élevée. Les symptômes se manifestent après une période d'incubation de 6 à 72 heures : nausées, vomissements, crampes abdominales, diarrhée, fièvre et maux de tête qui sont généralement spontanément résolutifs chez les personnes en bonne santé dont le système immunitaire est intact. En règle générale, la mortalité est inférieure à 1%. La fièvre typhoïde est plus grave et présente une mortalité de 10%. La dose infectieuse s'élève à moins de 1.000 cellules et les symptômes se manifestent après une période d'incubation de 1 à 3 semaines : forte fièvre, apathie, symptômes gastro-intestinaux, maux de tête, atrophie et perte d'appétit (FDA, 2012). Le score pour la gravité des effets néfastes causés à la santé publique est de 3 pour les non-Typhi et de 4 pour *Salmonella* Typhi.

Le lait cru est l'une des denrées alimentaires associées à l'infection par *Listeria monocytogenes*. Ce pathogène psychrotrophe représente l'une des principales causes de mortalité par maladies liées à l'alimentation. La mortalité parmi les cas diagnostiqués (les cas de maladies avec une forme grave d'infection) est de 15 à 30%. La dose infectieuse serait de moins de 1.000 cellules. La période d'incubation varie de quelques heures à 2-3 jours. La forme grave et invasive de la maladie peut avoir une période d'incubation de 3 jours à 3 mois. Les symptômes peuvent être absents ou modérés, mais de la fièvre, des douleurs musculaires, des nausées, des vomissements et de la diarrhée peuvent également survenir. Quand l'infection se propage au système nerveux, des symptômes tels que des maux de tête, une raideur du cou, de la confusion, des pertes d'équilibre et des convulsions peuvent se manifester (FDA, 2012). *L. monocytogenes* est aussi responsable d'avortements, de mortinatalités et de septicémies chez les nouveau-nés. Le score pour la gravité des effets néfastes causés à la santé publique est de 4.

Le genre *Yersinia* comprend onze espèces, dont quatre peuvent être pathogènes, mais seulement *Y. enterocolitica* et *Y. pseudotuberculosis* peuvent provoquer des gastro-entérites. La dose infectieuse est estimée entre 10^4 et 10^6 cellules, mais elle dépend de la souche et de l'hôte. La période

d'incubation varie de 1 à 11 jours, mais il peut arriver qu'elle soit de plusieurs mois. Les symptômes sont une diarrhée non spécifique, spontanément résolutive, ainsi qu'un éventail de complications auto-immunes. La maladie peut durer de quelques jours à 3 semaines, mais l'entérocolite chronique peut durer plusieurs mois. Les enfants âgés de moins de 5 ans sont plus particulièrement vulnérables à cette infection. *Yersinia enterocolitica* est une bactérie psychrotrophe capable de survivre plus longtemps dans la nourriture crue que dans la nourriture cuite et que l'on peut retrouver dans le lait cru (FDA, 2012). Le score pour la gravité des effets néfastes causés à la santé publique est de 3.

Les espèces de *Brucella* sont déterminées sur la base de leur association préférentielle à un hôte spécifique : *Brucella abortus* pour les bovins, *Brucella melitensis* pour les petits ruminants comme les chèvres et les brebis, *Brucella ovis* pour les brebis et *Brucella suis* pour les porcs, sangliers et rennes. *Brucella melitensis* est plus virulente pour l'homme que *Brucella abortus*, tandis que *Brucella ovis* n'est pas pathogène pour l'homme. Les personnes qui consomment du lait cru ou des produits laitiers crus courent le risque le plus élevé. La dose infectieuse de *Brucella* spp. serait inférieure à 500 cellules. Après consommation de lait cru contaminé, les symptômes se manifestent dans les 3 semaines, bien que des périodes d'incubation plus longues ne soient pas inhabituelles. Au stade initial de la maladie, une septicémie se déclenche avec comme symptômes de la fièvre et des sudations périodiques. La maladie peut disparaître au bout de quelques semaines, mais même si une thérapie antibactérienne est mise en place, les symptômes peuvent revenir après des mois, voire des années. Sans traitement, la maladie peut devenir chronique, avec une localisation de l'infection dans les os et articulations. Les autres complications sont des endocardites, des méningo-encéphalites et des myocardites. La mortalité liée à ce pathogène est inférieure à 2% (FDA, 2012). Le score pour la gravité des effets néfastes causés à la santé publique est de 4.

Coxiella burnetii provoque la fièvre Q et peut infecter un large éventail d'animaux tels que des mammifères, reptiles, oiseaux, poissons et tiques. Les vaches, chèvres et brebis sont les principaux réservoirs de *Coxiella burnetii* (Rahimi *et al.*, 2008) et le principal signe clinique de la fièvre Q est l'avortement (van den Brom *et al.*, 2012). Généralement, les personnes sont infectées par inhalation d'aérosols et poussières contaminés par *Coxiella burnetii*, essentiellement formés lors de l'excrétion du germe à la mise bas ou à l'expulsion, et/ou via les matières fécales d'animaux contaminés (AFSSA, 2008 ; AFSCA, 2010c ; 2010d). L'infection via la chaîne alimentaire est moins fréquente (Berri *et al.*, 2005). Les symptômes les plus courants chez l'homme sont de la fatigue, des douleurs musculaires, de la fièvre et des maux de tête (Bacci *et al.*, 2012). Les autres symptômes sont des frissons, des douleurs articulaires, de l'épuisement, des malaises et un gonflement des ganglions lymphatiques (FDA, 2012). Le risque de maladie après consommation de lait cru de petits ruminants peut être considéré comme faible à négligeable, excepté pour le groupe YOPI, où le risque doit être considéré comme réel (AFSCA, 2010c). Le score pour la gravité des effets néfastes causés à la santé publique est de 3.

Helicobacter pylori se retrouve souvent dans l'estomac de l'homme (Velázquez & Feirtag, 1999). On suppose qu'il existe un réservoir animal d'*Helicobacter pylori* (Quaglia *et al.*, 2008). La voie de transmission précise n'est toujours pas connue, mais on suggère que l'alimentation serait mise en cause (Velázquez & Feirtag, 1999). On suppose que différents facteurs de virulence ou cofacteurs de la bactérie ou de l'hôte expliquent le fait que la plupart des individus infectés soient seulement porteurs sans symptômes cliniques. *Helicobacter pylori* est impliqué dans la pathogénèse de la gastrite chronique active humaine, les ulcères peptiques et duodénaux et le cancer gastrique (Velázquez & Feirtag, 1999).

Différents *Staphylococcus* spp., qu'il s'agisse de souches coagulase positives ou négatives, peuvent produire des entérotoxines thermostables. *Staphylococcus aureus*, la principale souche coagulase positive, est le plus souvent associé à une intoxication staphylococcique. Quand *Staphylococcus aureus* est présent en quantités supérieures à 10^5 ufc/ml, il est capable de produire suffisamment d'entérotoxines pour provoquer les symptômes. La consommation des entérotoxines précitées provoque des gastro-entérites chez l'homme. La dose infectieuse de ces toxines est estimée à moins de 1 µg. La période d'incubation après consommation de lait contaminé est de 1 à 7 heures. Les symptômes sont des nausées, des crampes abdominales, des vomissements et de la diarrhée. Dans des cas plus graves, de la déshydratation, des maux de tête, des crampes musculaires et des variations brèves de la tension artérielle et du rythme cardiaque peuvent survenir. En général, il en

résulte une maladie spontanément résolutive, aiguë et intense qui dure seulement quelques heures à un jour. Toutes les personnes sont vulnérables à ce pathogène, bien que l'intensité des symptômes puisse varier (FDA, 2012). Le score pour la gravité des effets néfastes causés à la santé publique est de 3.

L'encéphalite à tiques est provoquée par des TBEV (virus de l'encéphalite à tiques) tels que le virus de l'encéphalite d'Europe centrale, le virus de l'encéphalite verno-estivale russe, le virus louping-ill et le virus Powassan. Le virus de l'encéphalite d'Europe centrale est propagé par la tique *Ixodes ricinus* et le virus de l'encéphalite russe verno-estivale par la tique *Ixodes persulcatus* (Blaškovič, 1967). Les chèvres sont souvent parasitées par la tique *Ixodes ricinus*. Le TBEV est ainsi transmis par la tique au sang et il est excrété dans le lait pendant la phase virémique. L'infection des chèvres est asymptomatique, mais l'infection de l'homme peut donner lieu à une fièvre diphasique et évoluer vers des signes de méningite, d'encéphalite ou de radiculite. Les symptômes de la première phase sont une forte fièvre subite, des maux de tête, des douleurs musculaires et articulaires, et parfois des nausées, des vomissements et de la fatigue. Ces symptômes disparaissent au bout de 5 à 10 jours, après quoi vient une période asymptomatique de 6 à 10 jours. Lors de la deuxième phase, une fièvre importante et les autres symptômes décrits ci-dessus mais avec une gravité supérieure se manifestent, tandis que des symptômes neurologiques peuvent aussi se manifester. Il existe une forte probabilité de guérison totale sans conséquence, mais des cas de paralysie ont déjà été signalés (Balogh *et al.*, 2010).

Cryptosporidium parvum est un parasite qui a déjà été isolé chez les vaches, les chèvres et les brebis. Le lait d'animaux infectés peut être contaminé. Le parasite provoque une cryptosporidiose intestinale avec comme symptômes une forte diarrhée aqueuse, des nausées, des vomissements, des crampes et parfois de la fièvre. Une cryptosporidiose extra-intestinale peut également survenir. La mortalité consécutive à ce parasite est rare et la dose infectieuse est estimée entre 10 et 100 oocystes. La période d'incubation dure 7 à 10 jours et la maladie 2 à 14 jours. Les personnes dont le système immunitaire est affaibli sont les plus vulnérables à ce parasite (FDA, 2012). Le score pour la gravité des effets néfastes causés à la santé publique est de 3.

Les animaux à sang chaud (y compris l'homme) peuvent être parasités par Toxoplasma gondii. Ce parasite provoque la toxoplasmose. La période d'incubation dure 10 à 13 jours et les symptômes sont de la fièvre, des maux de tête, des douleurs musculaires et des éruptions (FDA, 2012). D'ordinaire, la maladie n'est pas grave et est spontanément résolutive. Il arrive que la maladie soit grave ou ait même des conséquences mortelles, surtout pour les personnes dont le système immunitaire est affaibli. Le parasite peut également être transmis au fœtus par les femmes enceintes infectées et provoquer alors une fausse couche ou des maladies congénitales (Tenter *et al.*, 2000). *Toxoplasma gondii* a déjà été associé à de l'angoisse, de la dépression et des changements d'humeur pendant la grossesse (Groër *et al.*, 2011), ainsi qu'à de la schizophrénie et des comportements suicidaires (Okusaga *et al.*, 2011). Le parasite peut être transmis via le lait non pasteurisé, mais on ignore si cette voie est importante sur le plan épidémiologique (Tenter *et al.*, 2000). Le score pour la gravité des effets néfastes causés à la santé publique est de 4.

Bacillus cereus peut causer deux types de maladies. Le premier type ou le type diarrhéique survient quand des aliments contaminés sont consommés et que les bactéries produisent des toxines dans l'intestin grêle. Après 6 à 15 heures, les symptômes démarrent comme la diarrhée, des crampes abdominales, des nausées et rarement des vomissements. Le deuxième type ou le type émétique survient quand des aliments contaminés avec des toxines émétiques et thermostables (céréulide) préformées, sont consommés. Après 0,5 à 6 heures les symptômes démarrent par des nausées et des vomissements. Habituellement, la maladie est peu grave et spontanément résolutive (les symptômes disparaissent après 1 jour), mais des complications graves peuvent également survenir comme des infections systémiques et pyogènes, la méningite septique, etc. Des personnes avec un système immunitaire affaibli sont les plus vulnérables. Le nombre d'organismes qui est le plus associé à la maladie humaine se situe entre 10^5 et 10^8 (FDA, 2012). Le score pour la gravité des effets néfastes causés à la santé publique est de 3.

Certaines espèces du genre Streptococcus sont des bactéries pathogènes opportunistes que l'on classe en différents groupes sur base de leurs caractéristiques antigéniques, hémolytiques et

physiologiques. Bien que n'étant pas fréquent, le groupe A peut être transmis à l'homme via la nourriture (via lait cru) et l'espèce la plus importante est *Streptococcus pyogenes*. Un rapport du Centers for Disease Control and Prevention (CDC) de 2011 rapporte 11.217 cas par an de maladies d'origine alimentaire liés à *Streptococcus* aux États-Unis (FDA, 2012). La dose infectieuse de *Streptococcus* spp. pathogènes est estimée à moins de 1.000 cellules et la période d'incubation est de 1 à 3 jours. Certaines infections sont asymptomatiques, mais la plupart des cas provoquent des inflammations de la gorge et sont relativement modérés. Les symptômes sont une gorge douloureuse, enflammée qui peut s'accompagner de taches blanches, une douleur lors de la déglutition, une fièvre importante, des maux de tête, des nausées, des vomissements, de l'inconfort et une rhinorrhée, qui peuvent généralement perdurer jusqu'à 4 jours. D'autres complications peuvent survenir, à l'instar d'angines, scarlatine, rhumatisme articulaire aigu et empoisonnement du sang. Les enfants, les personnes dont le système immunitaire est affaibli et les personnes âgées de plus de 65 ans en maisons de repos sont les plus fragiles. La scarlatine et le rhumatisme articulaire aigu sont plus fréquents chez les enfants âgés de 5 à 15 ans que chez les adultes (FDA, 2012).

MAP (*Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*) provoque la paratuberculose ou la maladie de Johne, une maladie intestinale chronique incurable que l'on retrouve essentiellement chez les ruminants (bovins, chèvres, brebis, cervidés, antilopes, bisons) et qui peut aussi toucher les équidés. Le MAP est excrété dans le lait, mais peut aussi se retrouver dans le lait via une contamination croisée par des matières fécales contaminées. A ce jour, ce pathogène n'est pas considéré comme zoonotique, mais il est possible qu'il soit impliqué dans le déclenchement de la maladie de Crohn chez l'homme, étant donné que cette maladie présente des similarités avec la maladie de Johne. Les symptômes de la maladie de Crohn sont des douleurs abdominales sévères, de la diarrhée, une perte de poids chronique, des saignements, une occlusion intestinale ainsi qu'une palette de symptômes systémiques handicapants pour mener une vie normale et qui peuvent durer des mois, voire des années (Van Brandt, 2011).

Mycobacterium bovis provoque la tuberculose chez les bovins et rarement chez l'homme. La Belgique est officiellement indemne de tuberculose bovine depuis le 25 juin 2003, mais plusieurs foyers à *Mycobacterium bovis* ont été détectés sporadiquement en Belgique (AFSCA, 2013). Les principales voies de transmission sont des aliments contaminés (en particulier le lait cru et des produits laitiers) et le contact avec des animaux infectés (e.a. via des aérosols). Dans des pays en développement, où *M. bovis* est largement présent chez les bovins, certaines études rapportent que 3 à 6% de tous les cas de tuberculose sont liés à *M. bovis* et que surtout des jeunes sont infectés par la consommation de lait cru contaminé. La maladie causée par une infection avec *M. bovis* est semblable à celle de *M. tuberculosis*. La tuberculose pulmonaire est fréquemment établie, ainsi que l'adénopathie cervicale, des lésions intestinales, la tuberculose chronique de la peau et d'autres formes pulmonaires (AFSCA et al., 2011). Le score pour la gravité des effets néfastes causés à la santé publique est de 4.

3.1.5. Evaluation des risques microbiologiques

Les risques microbiologiques peuvent être évalués sur base de la diversité des micro-organismes pathogènes que l'on peut retrouver dans les exploitations laitières, des épidémies humaines rapportées suite à la consommation de lait cru, de la fréquence d'isolement de micro-organismes pathogènes dans le lait cru et de la gravité des effets néfastes causés à la santé publique par les micro-organismes pathogènes. Étant donné que nous ne disposons pas de suffisamment de données, il est impossible de réaliser une évaluation quantitative du risque. Les risques microbiologiques feront par conséquent l'objet d'une évaluation qualitative, tant en Belgique (**Annexe 7**) qu'à l'étranger (**Annexe 8**).

3.1.5.1. *En Belgique*

D'abord, il faut mentionner qu'il n'y a en Belgique aucune information sur la fréquence d'isolement de micro-organismes pathogènes dans le lait cru et aucune épidémie humaine, résultant de la consommation de lait cru, qui aient été rapportées. L'évaluation des risques microbiologiques est donc basée sur des informations sur les fréquences et les épidémies humaines rapportées à l'étranger et

les micro-organismes pathogènes que l'on peut retrouver dans les exploitations laitières belges selon une opinion d'experts, ainsi que sur la gravité des effets néfastes causés à la santé publique par les micro-organismes pathogènes dans le lait cru.

En Belgique, les *E. coli* et *Campylobacter* spp. pathogènes pour l'homme s'avèrent être les principaux germes pouvant être transmis à l'homme par le biais du lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches. Des *E. coli* pathogènes pour l'homme ont été trouvés dans le lait cru de chèvres et brebis, mais pas dans le lait cru de jument ni d'ânesse. On a trouvé *Campylobacter* spp. dans le lait cru de brebis. Ces deux pathogènes sont régulièrement présents dans les exploitations laitières et ont déjà provoqué des épidémies liées à la consommation de lait cru de chèvre. Les laits crus de chèvre et de brebis présentent donc un risque réel d'infection à *E. coli* pathogènes pour l'homme et *Campylobacter* spp. On estime, par contre, que ces risques sont faibles concernant le lait cru de jument et d'ânesse.

On estime que le risque d'infection par *Salmonella* spp., *Brucella* spp. *Bacillus cereus* ou *Streptococcus* spp., lié à la consommation de lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches est modéré à faible. *Salmonella* spp. est régulièrement présent dans les exploitations laitières, elle a déjà été détectée dans du lait cru de brebis, mais des épidémies humaines n'ont pas été rapportées. Néanmoins, *Salmonella* constitue un risque pour le lait cru de brebis. *Brucella* spp. est rarement présent, voire absent actuellement dans les exploitations laitières en Belgique, a été détecté dans du lait cru de chèvre et de brebis et a déjà provoqué des épidémies liées à la consommation de lait cru de chèvre. Par conséquent, *Brucella* spp. constitue un risque faible pour le lait cru de chèvre et brebis en Belgique. *Bacillus cereus* est régulièrement présent dans les exploitations laitières, n'a pas provoqué d'épidémies, mais *Bacillus* spp. a déjà été détecté dans du lait cru de chèvre et de brebis. Le risque pour l'homme associé à la consommation de lait cru est faible parce que *Bacillus cereus* ne peut pas facilement germer et se multiplier suffisamment dans le lait cru pour causer des infections chez l'homme. *Streptococcus* spp. est régulièrement présent dans les exploitations laitières, on l'a déjà détecté dans du lait cru de chèvre, brebis, jument et ânesse, mais il n'a pas encore provoqué d'épidémies. Étant donné que les souches pathogènes de *Streptococcus equi*, *S. equisimilis* et *S. agalactiae* ont déjà été détectés dans le lait cru de jument et d'ânesse, ces souches pathogènes constituent un risque potentiel pour le lait cru de jument et d'ânesse.

Les autres agents pathogènes pour l'homme repris dans **Annexe 7** constituent un risque faible d'infection suite à la consommation de lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches. On estime que le risque d'infection par *Listeria monocytogenes* est faible. Ce pathogène est régulièrement présent dans les exploitations laitières, mais il n'a pas provoqué d'épidémies et on l'a retrouvé avec une faible fréquence dans le lait cru de chèvre et de brebis, mais pas dans le lait cru de jument. Cela peut s'expliquer par la prolifération limitée dans le lait cru en raison de la compétition avec la flore commensale. En outre, ce pathogène a une dose infectieuse relativement élevée, mais il existe toutefois un risque que des animaux infectés par *Listeria monocytogenes* excrètent directement la bactérie dans le lait. *Coxiella burnetii* est régulièrement présente dans les exploitations laitières, a été retrouvée dans le lait cru de chèvre et de brebis et a déjà provoqué quelques cas, mais il convient de relativiser le risque, étant donné que ce pathogène est principalement transmis à l'homme par inhalation et dans une mesure limitée par le biais de la consommation de lait cru. Ce pathogène constitue toutefois un risque potentiel pour le groupe YOPI. *Helicobacter pylori* et MAP sont régulièrement présents dans les exploitations laitières et ont été retrouvés dans du lait cru, mais étant donné qu'il existe une incertitude pour les deux pathogènes quant à leur caractère zoonotique et pour les MAP également quant à leur caractère pathogène, on estime que les risques sont faibles. Bien que *Staphylococcus aureus* producteur d'entérotoxines, le TBEV et *Toxoplasma gondii* aient déjà causé des cas humains liés à la consommation de lait cru de chèvre, ces agents pathogènes ne constituent pas un risque réel pour le consommateur. *Staphylococcus aureus* se retrouve dans le lait cru de chèvre, brebis, jument et ânesse, mais on ne sait pas grand chose à propos de la fréquence de présence des souches productrices d'entérotoxines. Ces bactéries doivent, en outre, être présents en grandes quantités pour produire suffisamment d'entérotoxines, ce qui est improbable vu la flore commensale abondante du lait cru. Le TBEV n'est pas présent à l'état endémique en Belgique ; l'existence d'un chien sérologiquement positif en Belgique peut indiquer soit une présence non encore détectée du virus dans notre pays, soit une infection lors d'un séjour à l'étranger (Roelandt *et al.*, 2011). De nouvelles études sont nécessaires pour confirmer une présence possible du virus dans

notre pays. Le virus n'a été détecté qu'à l'étranger avec une fréquence relativement élevée dans le lait cru de chèvre et de brebis. Les épidémies se situent principalement dans les régions à risque d'Europe orientale (République tchèque, Slovaquie, Pologne, Estonie, Hongrie). Le TBEV ne constitue dès lors pas actuellement un risque en Belgique. Seuls quelques rares cas humains de toxoplasmose ont été rapportés à l'étranger (en Grande-Bretagne et aux États-Unis), mais aucun en Belgique et on ne sait pas quelle est l'importance du lait comme voie de transmission. Le parasite *Cryptosporidium parvum* est régulièrement présent dans les exploitations laitières, mais on ne l'a pas encore retrouvé dans le lait cru et ce parasite n'a pas encore provoqué d'épidémies par cette voie de transmission. Par conséquent, le risque de ce pathogène est considéré comme faible. Enfin, il existe une petite probabilité que *Mycobacterium bovis* soit présent dans les exploitations laitières belges (voir **Annexe 3**), et bien qu'aucune détection ou aucune épidémie rapportée s'aient été trouvées dans la littérature scientifique, le lait cru pourrait être contaminé avec ce pathogène. La présence possible de ce pathogène a en effet été une des raisons les plus importantes de chauffer le lait de vache. Toutefois, en raison de la faible prévalence, on estime que le risque d'infection après consommation de lait cru contaminé par *Mycobacterium bovis* est faible.

3.1.5.2. A l'étranger

En ce qui concerne la consommation de lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches à l'étranger, le risque dépend du degré d'occurrence de germes pathogènes dans les exploitations laitières. Cela peut être différent par rapport à la Belgique. Un exemple clair est le TBEV. Etant donné que le TBEV peut se retrouver en fréquences relativement élevées dans le lait cru de chèvre et de brebis, et que les épidémies se situent principalement dans les régions à risque d'Europe orientale, la consommation de lait cru de chèvre et brebis constitue un risque élevé pour le consommateur dans cette région. *Brucella* spp. a été retrouvé dans le lait cru de chamelle, bufflonne et renne, et a causé des cas liés à la consommation de lait cru de chamelle en Asie (Arabie saoudite, Israël, Koweït). Ce pathogène constitue dès lors un risque élevé pour le consommateur, en particulier pour le lait cru de chamelle surtout en Asie. Le VTEC a été détecté dans le lait cru de bufflonne et yack, et constitue un risque dans ce cas. *Salmonella* spp. et des espèces pathogènes de *Streptococcus* ont été retrouvées dans le lait cru de chamelle et constituent également un risque. *Listeria monocytogenes* a été retrouvé dans le lait cru de bufflonne, avec une fréquence relativement élevée (jusqu'à 25%) et constitue un risque. On dispose de peu d'informations dans les publications à propos des fréquences de présence de *Yersinia enterocolitica* pathogène pour l'homme dans le lait cru. Ce pathogène a déjà été retrouvé dans le lait cru de bufflonne et étant donné son caractère psychrotrophe, il existe un risque.

3.1.6. Effet du traitement thermique sur les risques microbiologiques

Un traitement thermique du lait cru réduit considérablement les risques microbiologiques ou les annihile, et peut aboutir à un produit commercialement stérile. Un produit commercialement stérile ne comporte pas de micro-organismes viables qui pourraient proliférer dans le produit dans des conditions normales de stockage et de distribution. Il est obtenu dans des conditions pratiques et est considéré comme un produit ne présentant pas de risque pour la santé publique.

La pasteurisation du lait cru détruit les micro-organismes végétatifs commensaux et pathogènes (*E. coli* pathogène pour l'homme, *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica*, *Brucella* spp. (Van den Heever *et al.*, 1982), *Coxiella burnetii* (Cerf & Condron, 2006), *Streptococcus* spp., *Helicobacter pylori*, *Mycobacterium bovis* (AFSCA *et al.*, 2011)), certains parasites (*Cryptosporidium parvum* (Harp *et al.*, 1996), *Toxoplasma gondii* (Tenter *et al.*, 2000)) ainsi que certains virus (TBEV (Balogh *et al.*, 2012)), mais les entérotoxines déjà formées et thermostables de *Staphylococcus aureus* ne sont pas inactivées. *Bacillus cereus* peut survivre à la pasteurisation, germer et produire la toxine émétique thermostable (céréulide). Le lait commercialement pasteurisé peut également comporter un faible pourcentage (inférieur à 3%) de MAP vivante en petites quantités (NACMCF, 2010). La pasteurisation procure un produit microbiologiquement sûr, mais pas un produit commercialement stérile. Le lait pasteurisé peut être conservé pendant environ 1 semaine à 10 jours à < 7°C.

La stérilisation et le traitement UHT du lait cru inactivent les mêmes micro-organismes que la pasteurisation, ainsi que les *Bacillus cereus* et ses toxines thermostables, les MAP et les entérotoxines de *Staphylococcus aureus*. Etant donné que ces processus détruisent pratiquement toutes les spores bactériennes, on obtient, dans la plupart des cas, un produit commercialement stérile dont la durée de conservation plus longue est garantie sans qu'il soit nécessaire de le conserver réfrigéré. Le lait stérilisé ou traité UHT peut être conservé au minimum 3 mois à température ambiante.

3.2. Risques (bio)chimiques / nutritionnels liés à la consommation de lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches

Généralement, on peut supposer qu'il n'existe pas de risque explicite de nature (bio)chimique ou nutritionnelle dû à la consommation de lait cru. Néanmoins, le Comité scientifique tient à souligner les risques chimiques potentiels liés aux contaminants environnementaux (par ex. les PCB's, les dioxines, le cadmium), les contaminants naturels (par ex. les aflatoxines M₁ et M₂) et les résidus de médicaments vétérinaires (par ex. des antibiotiques, des anthelminthiques) qui peuvent être présents dans le lait cru, mais qui ne relèvent pas des termes de référence du présent avis. Les chevaux et les chèvres par exemple, devraient être régulièrement vermifugés, ainsi que les animaux en lactation. L'agriculteur doit toutefois veiller à ce que le lait ne provienne pas d'animaux traités avec des substances qui sont ou peuvent devenir nuisibles pour la santé humaine et qui peuvent se retrouver dans le lait, ou d'animaux traités avec des substances interdites ou illicites (hormones, substances interdites à action antimicrobienne). Le lait ne peut pas contenir de résidus de substances pharmacologiquement actives, d'antibiotiques, de pesticides, de détergents et d'autres substances nocives. Pour l'utilisation de substances qui sont admises, le délai d'attente avant la traite doit être respecté (Règlement (CE) n° 853/2004).

3.3. Bénéfices microbiologiques liés à la consommation de lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches

3.3.1. Micro-organismes que l'on peut retrouver dans le lait cru

3.3.1.1. Bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont généralement présentes dans le lait cru et sont en mesure de proliférer et de produire de l'acide lactique. Ce phénomène limitera la prolifération de bactéries (y compris pathogènes), mais le lait se dégradera aussi rapidement. L'effet inhibiteur des bactéries lactiques est toutefois insuffisant pour les micro-organismes pathogènes qui ont une faible dose infectieuse. A des températures de réfrigération, le développement des bactéries lactiques et la production d'acide lactique sont limités et le lait pourra dès lors se conserver plus longtemps, mais les bactéries lactiques limitées ne pourront plus exercer leur effet inhibiteur. Certaines bactéries lactiques ont des propriétés antimicrobiennes (Delavenne *et al.*, 2012) résultant notamment de la production de bactériocines (Griffiths, 2010).

Les bactéries lactiques représentent 20 à 30% des germes totaux du lait, mais la saison, la méthode de production et l'élevage des animaux et l'origine animale du lait influencent leur nombre et leur diversité (Delavenne *et al.*, 2012). Les bactéries lactiques les plus fréquemment retrouvées dans le lait de chèvre sont *Lactococcus lactis*, *Lactococcus graviae*, *Enterococcus faecalis*, *Leuconostoc mesenteroides* et *Lactobacillus casei* (Callon *et al.*, 2007). Dans le lait cru de brebis, la majorité des bactéries lactiques est composée d'entérocoques (48%), suivis de lactobacilles (*Lactobacillus casei* et *Lactobacillus plantarum*) (30%), lactocoques (14%) et *Leuconostoc* spp. (8%) (Medina *et al.*, 2001).

3.3.1.2. *Probiotiques*

Le lait cru peut contenir des probiotiques. On peut définir les probiotiques comme étant des micro-organismes vivants qui ont des effets bénéfiques pour l'hôte grâce à leurs actions microbiennes. Pour avoir un effet bénéfique, ils doivent toutefois être ingérés en grandes quantités afin de survivre en nombre suffisant au passage dans l'estomac. Ces quantités sont environ 1.000 à 10.000 fois supérieures à celles retrouvées dans le lait cru (Griffiths, 2010). Les probiotiques sont généralement des souches spécifiques qui appartiennent aux genres *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* et *Enterococcus* (Ishibashi & Yamazaki, 2001) et n'arrivent pas à bien proliférer aux températures de réfrigération utilisées pour la conservation du lait cru. De ce fait, la pertinence et le nombre de ces bactéries sont trop faibles pour pouvoir exercer un effet physiologique favorable pour le consommateur.

3.3.2. Effet du traitement thermique sur les bénéfiques microbiologiques

Les bactéries lactiques sont inactivées par la pasteurisation, la stérilisation et le traitement UHT, ce qui confère au lait thermotraité une durée de conservation plus longue que le lait cru. Toutefois, après la pasteurisation, certaines spores bactériennes peuvent survivre, germer et se développer dans le lait pasteurisé sans que leur développement soit pour autant empêché par des bactéries lactiques, parce qu'elles ont été inactivées par la pasteurisation. Il en va de même des bactéries végétatives, qui se retrouvent dans le lait en raison d'une post-contamination. De ce fait, le lait pasteurisé présente un risque microbiologique supplémentaire par rapport au lait cru, tout particulièrement dans le cas des pathogènes qui nécessitent une certaine croissance avant de causer des maladies chez les humains (p.ex., *Bacillus cereus*). Par contre, ce problème est inexistant concernant le lait stérilisé UHT, puisqu'il s'agit alors d'un lait commercialement stérile.

Les probiotiques sont également inactivés par la pasteurisation, la stérilisation et le traitement UHT. Etant donné que la pertinence et la quantité de ces bactéries dans le lait cru sont trop faibles, même sans traitement thermique, pour pouvoir exercer un effet physiologique favorable sur la santé des consommateurs, une inactivation de ces bactéries par un traitement thermique n'aura pas de conséquences sur la santé publique.

3.4. Bénéfices (bio)chimiques / nutritionnels liés à la consommation de lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches

Le lait est une source importante de protéines, de minéraux et de vitamines. Outre des avantages nutritionnels, on attribue un certain nombre d'effets bénéfiques à la consommation de lait cru. Dans cette partie de l'avis, les différences éventuelles dans la composition du lait de différentes espèces animales et du lait maternel (c'est-à-dire la valeur nutritive) et l'effet d'un traitement thermique sur la composition seront principalement passés en revue. Dans la mesure du possible, les composants du lait qui sont responsables des effets bénéfiques possibles seront examinés. Il est toutefois impossible d'arriver à des conclusions claires vu la complexité de cette matière et le nombre limité d'études concluantes. Associer des bénéfices à des composants requiert des études très complexes dans lesquelles il convient de tenir compte des interactions de différentes variables ayant une influence. Des études épidémiologiques portant sur un nombre suffisant de participants qui étayerait les bénéfices pour la santé sont pratiquement inexistantes.

3.4.1. Valeur nutritive: Composition du lait

Le lait de tous les mammifères comporte les mêmes ingrédients principaux, à savoir eau, sels, vitamines, graisses, glucides et protéines, mais leur teneur varie fortement selon qu'il s'agit de lait de non-ruminants ou de lait de ruminants (**Tableau 3; Figure 1**). Toutefois, même entre différents (non-) ruminants et dans une même espèce animale, la composition du lait peut varier tant sur le plan quantitatif que qualitatif, étant donné que la composition du lait est influencée par des facteurs génétiques (pas uniquement l'espèce animale, mais la race aussi peut avoir une influence), des

facteurs physiologiques (par ex. le stade de lactation, l'intervalle entre les traites), des facteurs nutritionnels (par ex. la valeur énergétique et composition de l'alimentation) et des conditions environnementales (par ex. la saison). Les valeurs présentées dans le tableau ci-dessous et les tableaux suivants ne sont dès lors pas des valeurs absolues, mais des valeurs indicatives. Il convient en outre de signaler que les différences de méthodologie entre les études peuvent contribuer à l'écart des teneurs mentionnées pour les différents composants du lait.

3.4.1.1. Protéines du lait

Il ressort du **Tableau 3** et de la **Figure 1 a** que la teneur en protéines du lait de ruminants est supérieure à celle des non-ruminants (la teneur la plus élevée étant retrouvée dans le lait de renne, suivi par le lait de brebis). Une distinction est faite entre le « lait à caséines », c'est-à-dire le lait de ruminants⁴ et relativement riche en caséines (par ex. lait de bovins, lait de chèvre, lait de brebis), et le « lait à albumines », c'est-à-dire le lait de non-ruminants (animaux monogastriques) proportionnellement plus riches en protéines de lactosérum (par ex. lait de jument, lait d'ânesse). Ainsi, la fraction caséine s'élève à ≥ 80 % des protéines de lactosérum dans le lait de bovins et de brebis, ~ 55 % dans le lait de jument et un peu moins de 50 % dans le lait maternel (Potočnik *et al.*, 2011 ; Park *et al.*, 2007 ; Malacarne *et al.*, 2002) (**Tableau 4**). Les pourcentages relatifs des principaux composés de la caséine du lait diffèrent indépendamment du fait qu'il s'agisse d'un ruminant ou d'un non-ruminant. Le lait maternel et le lait de jument, mais aussi le lait de chèvre comportent relativement plus de β -caséine que d' α_s -caséine, tandis que le lait de bovins est relativement plus riche en α_s -caséine, ce qui est considéré comme un facteur prédominant dans le développement de l'allergie au lait (Barłowska *et al.*, 2011 ; Potočnik *et al.*, 2011 ; Malacarne *et al.*, 2002). La protéine de lactosérum β -lactoglobuline, un allergène important du lait (voir **3.4.3.1**), ne se retrouve pas dans le lait maternel et n'est pas davantage détectée dans le lait de chamelle ou de lama (**Tableau 4**).

Toutefois, non seulement les proportions relatives, mais aussi la forme moléculaire et la séquence d'acides aminés des protéines du lait peuvent différer d'une espèce animale à l'autre (la β -lactoglobuline par ex. se retrouve en tant que monomère dans le lait de jument, mais sous forme de dimère dans le lait des ruminants; Salimei & Fantuz, 2012). Il en résulte un impact sur la digestibilité, la qualité nutritionnelle et la thermostabilité des protéines. En outre, il existe un polymorphisme des protéines du lait au sein de pratiquement toutes les espèces animales. Dans la présente étude, il serait trop poussé de mener la comparaison des différents types de lait jusqu'à un niveau aussi détaillé.

Les caséines et protéines de lactosérum sont une source de différents peptides biologiquement actifs qui ont entre autres des propriétés antimicrobiennes, antioxydantes, antithrombotiques, antihypertensives, immunomodulantes et opioïdes. L'activité de ces peptides est latente jusqu'à ce qu'ils soient activés par une protéolyse enzymatique, par ex. dans les voies digestives ou pendant une fermentation. La fonctionnalité de ces peptides bioactifs a été étudiée essentiellement dans le lait de bovins, mais le lait provenant d'autres espèces animales est probablement aussi une source de peptides bioactifs (Korhonen *et al.*, 2009).

Outre les caséines et les protéines de lactosérum α -lactalbumine et β -lactoglobuline, le lait comporte diverses autres fractions protéiques dont des enzymes, des immunoglobulines et des facteurs de croissance. En outre, le lait contient également une fraction non protéique (NPN) e.a. l'urée, des peptides, des acides aminés libres et de l'ammonium (**Tableau 4**). Étant donné que la valeur nutritionnelle d'une protéine dépend des acides aminés présents, la composition en acides aminés des différents types de lait sera aussi brièvement traitée.

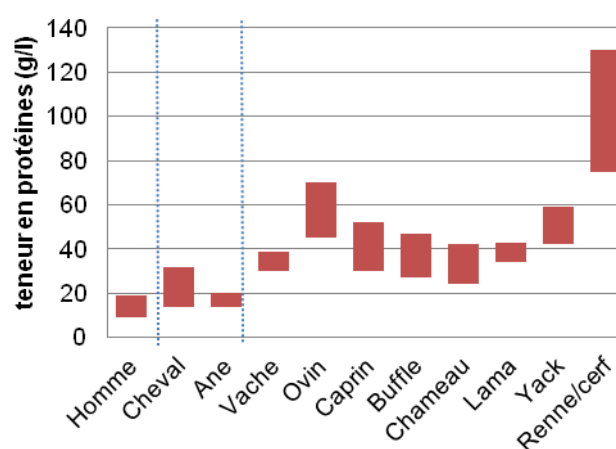
⁴ Les ruminants ou *Ruminantia* ont quatre estomacs, à savoir la panse, le bonnet, le feuillet et la caillette. Ils ruminent leur nourriture après son passage dans l'estomac. Les chameaux et les lamas, bien qu'ils ruminent aussi, ne sont pas des ruminants ou *Ruminantia* au sens strict. Ils appartiennent aux *Tylopoda*. Ils ont trois estomacs au lieu de quatre. Vu leur mécanisme de digestion différent, leur lait présentera aussi des différences plus importantes avec le lait d'autres ruminants.

Tableau 3. Composition « brute » du lait d'un certain nombre d'espèces de mammifères (g/l)

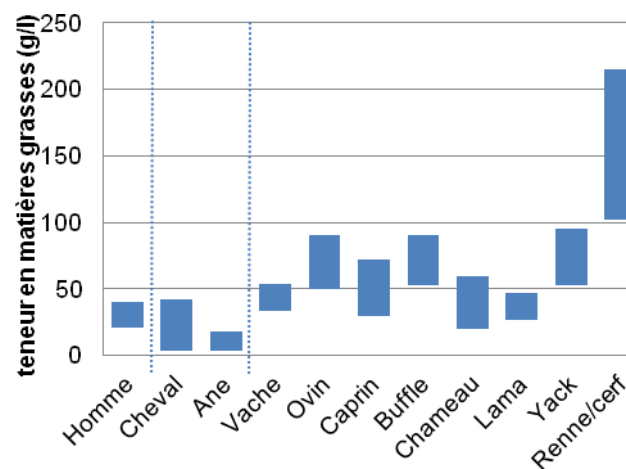
	Homme	Non-ruminants		Ruminants							
		Cheval	Âne	Vache	Ovin	Caprin	Buffle	Chameau	Lama	Yack	Renne/cerf
Matière sèche totale	107-129	93-116	88-117	118-130	181-200	119-163	157-172	119-150	131	135-184	201-271
Protéines	9-19	14-32	14-20	30-39	45-70	30-52	27-47	24-42	34-43	42-59	75-130
Rapport caséine / lactosérum	0,4-0,5	1,1	1,28	4,7	3,1	3,5	4,6	2,7-3,2	3,1	4,5	~ 4-5
Matières grasses	21-40	3-42	3-18	33-54	50-90	30-72	53-90	20-60	27-47	53-95	102-215
Lactose	63-70	56-72	58-74	44-56	41-59	32-50	32-49	35-51	59-65	33-62	12-47
Cendres	2-3	3-5	3-5	7-8	8-10	7-9	8-9	6,9-9	5-9	4-10	12-27
Énergie (kJ/100g)	276	188-199	156-175	263-276	392-431	272-218	412-464	234-319	263-326	370-417	538-819

valeurs indicatives

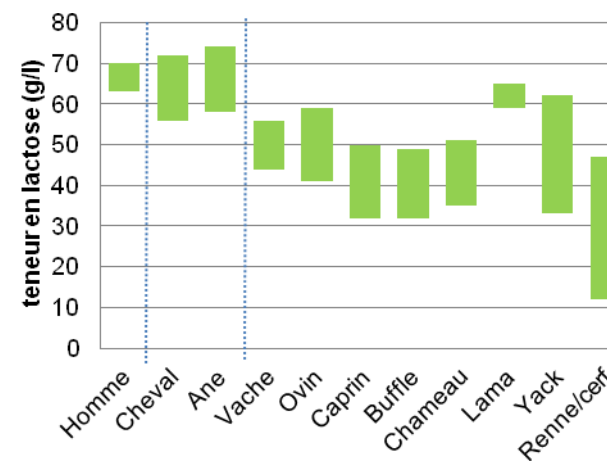
Sources : Naert *et al.*, 2013; Medhammar *et al.*, 2012; Salimei & Fantuz, 2012; Uniacke-Lowe, 2011; Potočnik *et al.*, 2011; Xi *et al.*, 2010; Hassan *et al.*, 2009; Shamsia, 2009; Souci *et al.*, 2008; Guo *et al.*, 2007; Arman *et al.*, 1974; Mittaine, 1962



(a)



(b)



(c)

Figure 1. Teneur en protéines (a), matières grasses (b) et lactose (c) du lait de différentes espèces indiquées dans la littérature (sur la base du Tableau 3)

Tableau 4. Concentration en caséine et en protéines de lactosérum (g/l) dans le lait de différentes espèces animales

	Non-ruminants			Ruminants							
	Homme	Cheval	Âne	Vache	Ovin	Caprin	Buffle	Chameau	Lama	Yack	Renne/cerf
Caséine totale	2,4-4,2	9,4-13,6	6,4-10,3	24,6-28	41,8-46	23,3-46,3	32-40	22,1-26		34,3-45,8	70-80
α_{s1} -caséine	0,77	2,4	présente	8-10,7	15,4-22,1 ³	0 ⁴ -13,0 ³	8,9			9,3-13,1	
α_{s2} -caséine	-	0,20	présente	2,8-3,4		2,3-11,6 ³	5,1			3,6-6,5	
β -caséine	3,87	10,66	présente	8,6-9,3	15,6-17,6 ³	0 ⁴ -29,6 ³	12,6-20,9			15,0-20,6	
κ -caséine	0,14	0,24 ²	présente	2,3-3,3	3,2-4,3 ³	2,8-13,4 ³	4,1-5,4		(-) ⁵	4,9-8,5	
γ -caséine	-	présente		0,8							
Taille des micelles de caséine (nm)	64-80	255	~ 100-200	150-182	180-210	260	180	380			
Protéines de lactosérum totales	6,2-8,3	7,4-9,1	4,9-8,0	5,5-7,0	10,2-11	3,7-7,0	6	5,9-8,1			13,4
β -lactoglobuline	-	2,55	3,3	3,2-3,3	6,5-8,5 ³	1,5-5,0 ³	3,9	(-) ⁶	(-) ⁹	3,4-10,1	
α -lactalbumine	1,9-3,4	2,37	1,9	1,2-1,3	1-1,9 ³	0,7-2,3 ³	1,4	0,8-3,5		0,2-1,7	
Albumine sérique	0,4-0,5	0,37	0,4	0,3-0,4	0,4-0,6 ³		0,29	7-11,9		0,2-3,1	
Protéose-peptone				0,8-1,2			3,31				
Lactoferrine	1,5-2,0	0,1-2,0	0,07-0,37	0,02-0,5	0,8 ³	0,02 - 0,2	0,03-3,4	0,02-7,28	x ⁹		
Lysozyme	0,1-0,89	0,5-1,33	1,00-1,43	(70-600)x10 ⁻⁶	100x10 ⁻⁶	250x10 ⁻⁶	(120-152)x10 ⁻⁶	(60-1350)x10 ⁻⁶			
Immunoglobulines (Ig)	0,96-1,3	1,63	1,30	0,5-1,0	0,7		10,66	1,5-19,6			
IgG _{1,2}	0,03	0,38		0,15-0,8		0,1-0,4	0,37-1,34	0,72-2,23	5,7-60,5		
IgA	0,96	0,47		0,05-0,14		0,03-0,08	0,01-0,04				
IgM	0,02	0,03		0,04-0,1		0,01-0,04	0,04-1,91				
Facteurs de croissance (GF) (μg/l)¹⁰											
EGF	0,001-350	~ 8		< 2-155	<0,8						
IGF-1	0,1-19	11		< 2-101		4,71-14,5					
IGF-2	2,7-35			~ 2-117		106					
TGF- α	~ 0,24-0,28			~ 0,1							
TGF- β	935			4,3							
TGF- β 1	0,08-0,6			0,21-3,7							
TGF- β 2	0,8-5,3			0-71							
FGF-1				0,02							
FGF-2				0,5-1							
NPN¹	0,45	0,38	0,46	0,27-0,38		0,40-0,61		0,68	1,35	0,4-0,5	2,2
références	a,f,i,l,n,q,x	a,f,m,n,r,x,y,z	a,f,n,q	a,f,i,j,l,n,o,p,q,x,y	b,f,l,n,y	c,d,f,l,n,p,x,y	e,f,g,i,j,n	f,h,j,k,n,q	s,t	u,w	e,v

valeurs indicatives

¹: NPN ou azote non protéique; ²: la présence de κ -caséine dans le lait de jument a fait débat pendant plusieurs années; certains auteurs rapportant l'absence de κ -caséine dans le lait de jument, alors que d'autres ont démontré sa présence en faibles concentrations; ³: sur la base de %; ⁴: absence de β - ou α_{s1} -caséine dans le lait des animaux porteurs des allèles nuls respectifs; ⁵: le lait de chamelle contient probablement tellement peu de κ -caséine qu'on ne peut la détecter et ⁶: la présence de β -lactoglobuline dans le lait de chamelle est matière à discussion (Farah & Atkins, 1992); ⁷: dans le lait écrémé; ⁸: n'a pas été détectée; ⁹: le lait de lama devrait contenir une teneur plus élevée en lactoferrine que le lait de vache (⁹); ¹⁰: Facteurs de croissance épidermiques (EGF), analogues à l'insuline (IGF-1 et -2), transformants (TGF- β 1 et TGF- β 2) et fibroblastes (FGF-1 et -2); ^a: Uniacke-Lowe, 2011; ^b: Potočník *et al.*, 2011; ^c: Tziboula-Clarke, 2002; ^d: Park *et al.*, 2007; ^e: Mittaine, 1962; ^f: Barłowska *et al.*, 2011; ^g: Abd El-Salam & El-Shibiny, 2011; ^h: El-Hatmi *et al.*, 2007; ⁱ: Pandya & Haenlein, 2009; ^j: El-Agamy, 2000; ^k: Shamsia, 2009; ^l: Bernacka, 2011; ^m: Naert *et al.*, 2013; ⁿ: Benkerroum, 2008; ^o: Korhonen, 2009; ^p: Park, 2009; ^q: El-Agamy, 2009; ^r: Sheng & Fang, 2009; ^s: Morin *et al.*, 1995a; ^t: Bravo *et al.*, 1997; ^u: Li *et al.*, 2011; ^v: Arman *et al.*, 1974; ^w: Li *et al.*, 2010; ^x: Anses, 2012; ^y: Odle *et al.*, 1996; ^z: Murray *et al.*, 1992.

Enzymes

Le lait contient de nombreuses enzymes, endogènes (c.-à-d. sécrétées par la glande mammaire) ou d'origine microbienne, dont la fonction biologique dans le lait n'est généralement pas connue (par ex. la ribonucléase). Certaines enzymes sont importantes d'un point de vue technologique, par exemple, en tant qu'indicateurs pour les traitements thermiques (par ex. la phosphatase alcaline, la γ -glutamyl transpeptidase), pour la conservation du lait (en raison de l'activité antimicrobienne, par ex. la lactoperoxydase, le lysozyme), ou peuvent entraîner des changements indésirables au cours de la conservation (par ex. lipases, protéases). Les valeurs données dans les ouvrages pour l'activité d'un certain nombre d'enzymes dans différents types de lait sont présentées dans le **Tableau 5**. Cependant, l'activité enzymatique mesurée dépend fortement de la méthode de mesure employée (par ex. le substrat utilisé). En outre, il y a seulement une quantité limitée d'informations quantitatives sur l'activité des enzymes dans la littérature.

La phosphatase alcaline (PAL) est présente dans le lait de tous les mammifères. L'inactivation de PAL est utilisée comme indicateur pour vérifier l'efficacité d'une pasteurisation HTST (« high temperature short time » ; 73-76°C/15 s; réduction de 6 log de micro-organismes pathogènes) du lait de vache. L'activité PAL dans le lait cru de jument est d'environ 35 à 350 fois plus faible que dans le lait de vache, et se caractérise par une inactivation thermique plus rapide (Marchand *et al.*, 2009). Dans le lait de caprins, l'activité PAL est aussi significativement plus faible, mais, dans le lait de brebis, elle est nettement plus élevée que dans le lait de vache. Tant la PAL du lait de caprins que celle du lait de brebis seraient moins rapidement inactivées par rapport à la PAL du lait de vache lors d'un traitement thermique (Lorenzen *et al.*, 2010; Raynal-Ljutovac *et al.*, 2007b; Vamvakaki *et al.*, 2006; Tziboula-Clarke, 2002). Le test PAL négatif ne s'avère donc pas universellement applicable comme un indicateur de la pasteurisation du lait. Des observations similaires peuvent être faites pour d'autres types de lait et pour d'autres enzymes de lait (par ex. la lactoperoxydase et la γ -glutamyl transférase) utilisées ou proposées comme indicateurs de traitement thermique (**Tableau 5**).

Le lait de vache présente une activité relativement importante de xanthine oxydoréductase (XOR)⁵ par rapport au lait d'autres espèces (comme le lait de chèvre ou le lait de brebis) car, dans ces derniers types de lait, la majorité des molécules d'enzyme ne contiennent pas de Mo (molybdène ; jusqu'à 98 % dans le lait maternel) et sont donc inactives (Uniacke-Lowe, 2011; Fox & Kelly, 2006; Tziboula-Clarke, 2002) (**Tableau 5 & Tableau 13**).

L'activité lipolytique du lait de jument serait semblable à celle du lait de vache, mais plus élevée que celle du caprins (Uniacke-Lowe, 2011). La teneur en lipoprotéine lipase du lait de vache (~2 mg/l) est similaire à celle du lait de bufflonne, mais environ deux fois plus élevée que dans le lait maternel (Shakeel-ur-Rehman & Farkye, 2002). La plasmine, une enzyme protéolytique, aurait une plus grande activité dans le lait de jument par rapport au lait de vache.

Les enzymes lactoperoxydase et lysozyme sont, en raison de leurs propriétés antimicrobiennes, abordés au point **3.4.3.2 (Tableau 13)**.

Tableau 5. Activité (UI/l)¹ d'enzymes endogènes dans le lait de différentes espèces animales

	Vache	Ovin	Caprin	Buffle	Chameau
Phosphatase alcaline	774 (328-1155)*	1414 (722-2691)*	67 (30-144)*	(34 à 79,2) x10 ³	21 (19-23)*
γ -glutamyl transférase	4143 (3420-5190)*	1878 (1003-3133)*	603 (335-1056)*	8140	342 (292-402)*
Lactoperoxydase	2015 (800-3300)*	2859 (1600-4400)*	5190 (2950-8100)*	(0,9-17)x10 ³	870 (640-1075)*
Lipase				1390-3730	1390-3730
Xanthine oxydoréductase	76-151			45-75	
γ -glutamyltranspeptidase	4143 (3420-5190)*	1878 (1003-3133)*	603 (335-1056)*	8 x10 ³	
Réf.	a,b,d	a	a	b	c

valeurs indicatives

*: moyenne (min-max); ^a : Lorenzen *et al.*, 2010 ; ^b : Abd El-Salam & El-Shibiny, 2011 ; ^c : Lorenzen *et al.*, 2011 ; ^d : Cerbulis & Farrell, 1977

¹l'activité enzymatique mesurée est fortement dépendante de la méthode de mesure utilisée (par ex. le substrat utilisé); les informations sur la méthode de mesure font cependant encore défaut.

⁵ la XOR existe sous deux formes, à savoir la xanthine oxydase (XO) et la xanthine déshydrogénase (XDH), qui peuvent elles-mêmes être transformées par des réactifs sulfhydryles, avec lesquels la XDH peut être convertie de manière irréversible en XO par hydrolyse spécifique (Fox et Kelly, 2006).

Immunoglobulines

Les immunoglobulines (Igs) font partie de la défense naturelle des mammifères contre les infections. Leur fonction principale est la protection des animaux nouveau-nés contre les infections. La concentration en Igs est principalement élevée dans le colostrum et diminue considérablement pendant la lactation (Zagorska & Ciprovica, 2012; Griffiths, 2010; Korhonen, 2009; Pandya & Haenlein, 2009; El-Agamy, 2000) (**Tableau 13**).

Le lait en contient souvent trois classes, à savoir, l'immunoglobuline G (IgG), A (IgA) et M (IgM). Les ratios relatifs en Igs varient considérablement entre les différents types de lait (**Tableau 4**). L'IgG est la principale Ig dans le colostrum de jument, alors que l'IgA est la principale forme dans le lait de cette même espèce. L'IgG est la principale Ig aussi bien dans le lait que dans le colostrum de vache, alors que la principale Ig du lait et du colostrum maternels est l'IgA (Zagorska & Ciprovica, 2012; Uniacke-Lowe, 2011; Elfstrand *et al.*, 2002).

Par rapport au lait de vache, au lait de bebris, au lait de chèvre et au lait maternel, le lait de jument et certainement le lait de chamelle contiennent une plus forte concentration d'Igs (**Tableau 4**). Une haute teneur en Igs et en IgG a également été signalée respectivement pour le lait de bufflonne et le lait de lama (Haenlein & Pandya, 2009; Bravo *et al.*, 1997).

Facteurs de croissance

Les facteurs de croissance ('growth factors', GF), tels que les facteurs de croissance épidermiques ('epidermal growth factor', EGF), apparentés à l'insuline ('insulin-like growth factor', IGF-1 et -2), transformants ('transforming growth factor', TGF- β 1 et TGF- β 2) et de fibroblastes ('fibroblast growth factor', FGF-1 et -2), sont présents dans le sang, le lait, les œufs et la plupart des tissus de la majorité des espèces animales et ont, dans tous les espèces, les mêmes fonctions biologiques relatives à la croissance et au développement. Les GF contrôlent des processus comme la division cellulaire, la différenciation cellulaire et l'apoptose ; ils stimulent la croissance et le développement du tractus gastro-intestinal des animaux nouveau-nés (Anses, 2012; Elfstrand *et al.*, 2002; Odle *et al.*, 1996). Les données disponibles sur la teneur en GF dans le lait concernent principalement le lait maternel et le lait de vache (**Tableau 4**). Pour le lait de jument, une teneur en IGF-1 d'environ 11 $\mu\text{g/l}$ a été rapportée et, dans le lait de chèvre, une teneur en IGF-1 de 13,11 $\mu\text{g/l}$ a été mesurée au milieu de la période de lactation du matin, alors que ce niveau dans la soirée ne s'élevait qu'à 4,71 $\mu\text{g/l}$ (Anses, 2012). Une activité GF plus élevée a été mesurée dans le lait de chèvre par rapport au lait de vache (Park, 2009). Il existe de grandes variations dans la teneur en GF entre le colostrum et les stades de lactation ultérieurs, mais le moment de la traite a également un impact. De plus, une teneur en GF plus élevée est observée dans le lait des vaches multipares par rapport au lait de vaches primipares. Cependant, les méthodes de détection utilisées conduisent également à de grandes variations de résultats (Anses, 2012; Odle *et al.*, 1996).

En raison de leur rôle dans le mécanisme de prolifération cellulaire, la relation entre l'absorption de GF (en particulier l'IGF-1) via la consommation de lait et leur rôle dans le développement du cancer a été étudiée par l'agence française Anses (Anses, 2012). Compte tenu de la faible consommation de lait cru, de l'effet d'un traitement sur l'activité des GF (par exemple, l'inactivation après un traitement UHT ; **Tableau 6**) et de la dégradation des GF (GF-1) pendant les différentes étapes de la digestion⁶, l'Anses conclut que la contribution de l'IGF-1 exogène (c-à-d provenant du lait, mais aussi des autres produits animaux) aux concentrations d'IGF-1 circulant dans le corps humain (plutôt déterminées par synthèse endogène, durant laquelle une absorption élevée d'énergie et de protéines peut conduire à une augmentation du taux dans la concentration circulatoire) est minime. En d'autres termes, sur base de la littérature disponible, la contribution de l'IGF-1 provenant du lait et des produits laitiers au risque de cancer (si celui-ci est présent) est estimée comme faible.

⁶ Les données concernant le métabolisme des GF (IGF-1) sont principalement basées sur des études animales et en dehors d'un contexte alimentaire (par exemple, une administration intraluminale directe, des doses supraphysiologiques) ; chez les animaux nouveau-nés, une plus grande quantité de GF peut passer dans la muqueuse intestinale, car les fonctions digestives ne sont pas encore totalement développées (Anses, 2012).

Tableau 6. Teneurs en GF ($\mu\text{g/l}$) du lait (de vache) cru et traité thermiquement, reprises dans la littérature

	Lait cru	Pasteurisation	Cuisson	Traitement UHT
EGF	324 (lait cru, 3j post-partum)	155 (lait commercial)		
IGF	36,5 \pm 8,4 3,7	20,1 \pm 5,0 (75 °C, 15 min) 5,2		< 1, limite de détection (121 °C, 15 min) < 0,3, limite de détection
TGF-β1	0,64 \pm 0,05	0,25 \pm 0,04 (lait commercial)	0,30 \pm 0,05	
TGF-β2	3,6 (lait entier) 1,9 (lait écrémé) 43,1 \pm 3,5	3,6 (lait entier) 1,3 (lait écrémé) 37 \pm 3,2 (90 °C, 15 sec)		~ 15,5 (135 °C, 15 sec)

Source : Anses, 2012

Fraction azotée non protéique (NPN)

L'azote non protéique ou fraction NPN du lait se compose principalement de l'urée, des peptides, des acides aminés libres et d'ammonium, et contient un certain nombre de composants potentiellement intéressants, notamment les polyamines et les nucléotides / nucléosides, qui peuvent s'ajouter à la biosynthèse propre (par ex. au cours de la croissance lorsque le besoin des enfants en polyamines est supérieur). La fraction NPN du lait de vache est en moyenne plus faible que celles du lait maternel et du lait de juments, d'ânesses ou de chèvres (**Tableau 4**). Bien que le lait de lama ait à peu près une teneur en protéines semblable à celle de la vache, de la bebris et de la chèvre (**Tableau 3**), la fraction NPN dans ce lait de lama ne représente qu'environ 19 % de l'azote total (N), alors que celle-ci n'est environ que de 5 à 7 % dans le lait de vache, de bebris et de chèvre (Morin *et al.*, 1995a).

Les polyamines jouent un rôle dans la synthèse de l'ADN, de l'ARN et des protéines, interviendraient dans le contrôle de la croissance cellulaire et réguleraient l'activité des hormones et des facteurs de croissance (Michaelidou, 2008). Les nucléotides (c.-à-d. les nucléoside-5'-monophosphates) modulent l'expression des gènes et influencent les processus de biosynthèse. Leur ingestion est non seulement importante pour les bébés prématurés, mais peut également être utile pour les adultes (il semble, par exemple, qu'ils peuvent inhiber la prolifération cellulaire et activer l'apoptose) (Schlimme *et al.*, 2002). Le **Tableau 7** indique la concentration en polyamines (à savoir, la putrescine, la spermidine et la spermine) et en nucléotides dans différents types de lait, et illustre l'importante variation quantitative entre les espèces et les races. Le lait d'ânesse a, par exemple, une plus faible teneur en amines bioactives putrescine, spermidine et spermine que le lait maternel et le lait de vache, bien qu'il y ait une grande variation individuelle au sein d'une même espèce (La Torre *et al.*, 2010).

Tableau 7. Concentrations en polyamines et nucléotides ($\mu\text{mol/l}$) dans le lait de différentes espèces, reprises dans la littérature

	Homme	Ane	Vache	Ovin	Caprin
Putrescine	0,33-1,29	0,03-4,25 ^a	1	0,40-0,53	0,01-6,00
Spermidine	2,20-7,11	0,04-0,23 ^a	1-4,7	1,61-2,05	1,04-39,67
Spermine	1,00-6,63	0,03-0,25 ^a	1-4,00	1,88-2,39	0,81-3,80
CMP ¹	18,3-66,0		2,9-49,0	21,6-362,0	8,7-80,7
UMP ²	6,4-17,7		traces-394,9	110,7-1451,5	123,7-558,6
GMP ³	1,0-3,3		traces-8,3	traces-9,7	traces-9,9
AMP ⁴	1,4-33,4		traces-53,8	17,2-286,8	5,5-110,0

valeurs indicatives

Sources : La Torre *et al.*, 2010 ; Michaelidou, 2008

¹: cytidine-5'-monophosphate ; ²: uridine-5'-monophosphate ; ³: guanosine-5'-monophosphate ; ⁴: adénosine-5'-monophosphate

^aconversion à partir des $\mu\text{g/l}$

Acides aminés

Les écarts de teneur en acides aminés entre le lait de différents mammifères semblent en grande partie être liés à des différences dans la teneur totale en protéines (Guo *et al.*, 2007). Cela est illustré dans le **Tableau 8**, où la composition en acides aminés est exprimée par 100 g de lait et par 100 g de protéines. L'**Figure 2** montre les teneurs en acides aminés des différents types de lait en tant que pourcentage des besoins essentiels en acides aminés chez les adultes. Sur cette figure, il est clair que, quelle que soit l'espèce animale, le lait est une source riche en acides aminés essentiels. Les protéines du lait d'ânesse, cependant, ne contiendraient pas l'acide aminé essentiel tryptophane (Salimei & Fantuz, 2012), et pour d'autres types de lait (lait de brebis, de bufflonne, de chamelle et de lama) aucune donnée n'a été trouvée (**Tableau 8**).

Contrairement à la composition totale en acides aminés, qui est en substance similaire dans le lait de jument, le lait de vache et le lait maternel, la composition en acides aminés libres diffère entre les différents types de lait (Uniacke-Lowe, 2011). La teneur en acides aminés libres du lait de vache, du lait de jument et du lait maternel est respectivement de 578, 1960 et 3020 $\mu\text{mol/l}$ (Uniacke-Lowe *et al.*, 2010). Les acides aminés libres sont absorbés plus facilement par rapport aux acides aminés liés aux protéines. Dans le lait maternel, l'acide glutamique, la glutamine et la taurine représentent environ 50 % des acides aminés libres. La glutamine et l'acide glutamique sont une source d'acide α -cétoglutarique pour le cycle de l'acide citrique et agissent également comme neurotransmetteurs dans le cerveau (Agostini *et al.*, 2000). La teneur en glutamine libre et en acide glutamique libre est respectivement d'environ 285 et 1184 $\mu\text{mol/l}$ dans le lait maternel, 485 et 568 $\mu\text{mol/l}$ dans le lait de jument, et 12 et 117 $\mu\text{mol/l}$ dans le lait de vache (Uniacke-Lowe *et al.*, 2010). La taurine au sens strict du terme n'est pas un acide aminé (en raison de l'absence d'un groupe carboxyle), mais est néanmoins classée comme un acide aminé. La taurine, qui peut être synthétisée dans le corps à partir de la cystéine et de la méthionine, joue un rôle de stabilisateur de membrane, de modulateur de croissance, et lors de la formation de sels biliaires qui facilitent l'absorption et la digestion des graisses. Il s'agit d'un composant « conditionnellement essentiel » pour, entre autres, les nourrissons et les jeunes enfants qui ne peuvent produire de la taurine eux-mêmes. Le lait maternel contient beaucoup plus de taurine (300 $\mu\text{mol/l}$) que le lait de vache (10 $\mu\text{mol/l}$), de jument (30 $\mu\text{mol/l}$) ou de brebis (140 $\mu\text{mol/l}$) (Uniacke-Lowe *et al.*, 2010; Park *et al.*, 2007). Le lait de vache, d'autre part, contient plus de carnitine, un dipeptide de lysine et de méthionine qui joue un rôle dans le transport des acides gras, que le lait maternel (160-200 vs. 30-80 nmol/l) (Park, 2009).

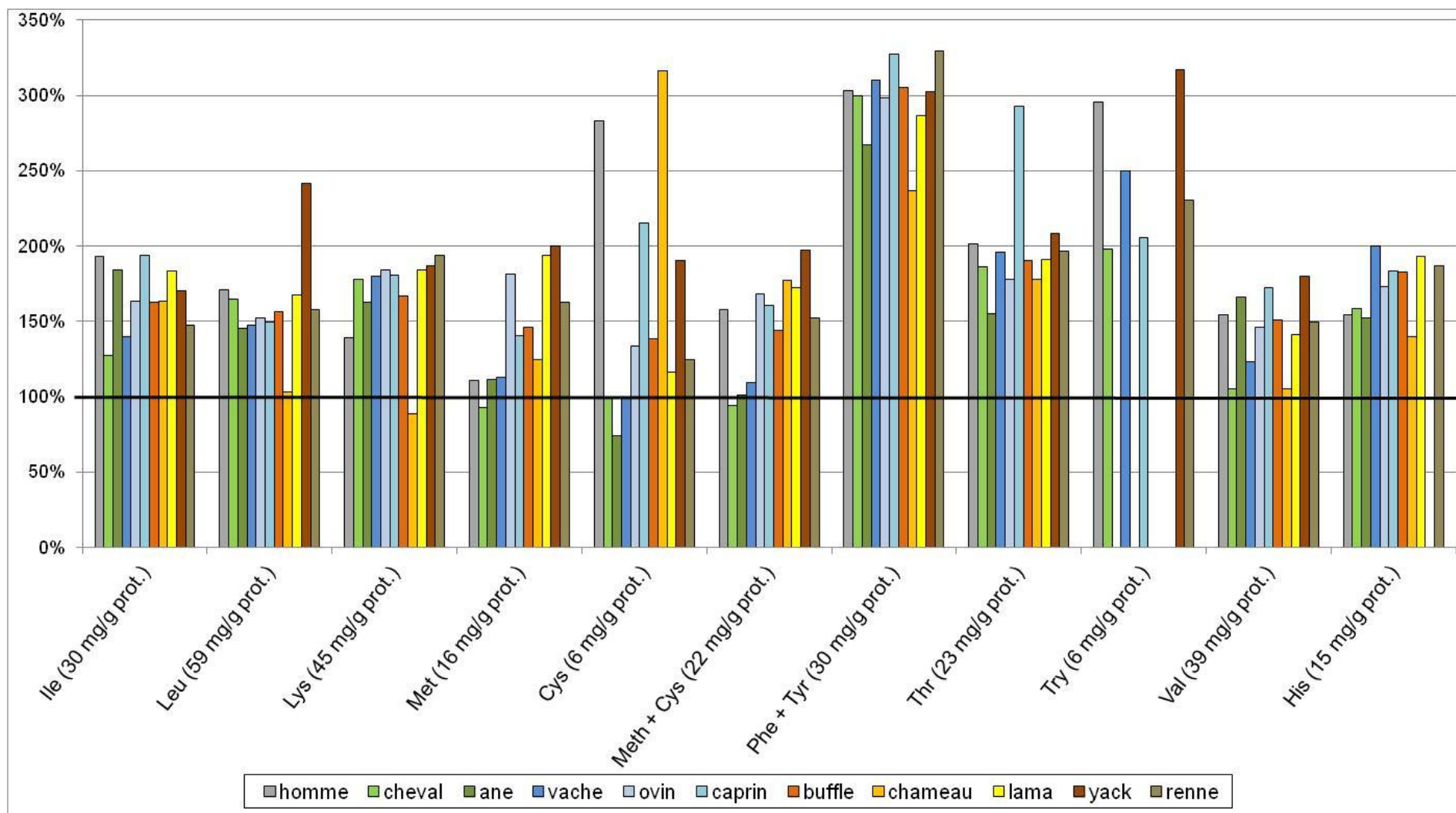


Figure 2. Distribution d'acides aminés dans le lait de différentes espèces animales (Tableau 8), exprimée en pourcentage des besoins essentiels journaliers en acides aminés chez les adultes (*) à partir de la consommation de 100 ml de lait cru.

(*) indiqués entre parenthèses dans les légendes de l'axe X (FAO/WHO, 2007)

Tableau 8. Composition en acides aminés du lait de différentes espèces animales (g/100g protéine de lait)

	mg/100g de lait											g/100 g de protéines de lait										
	Non-ruminants			Ruminants								Non-ruminants			Ruminants							
	Homme	Cheval	Ane	Vache	Ovin	Caprin	Buffle	Chameau	Lama	Yack	Renne	Homme	Cheval	Ane	Vache	Ovin	Caprin	Buffle	Chameau	Lama	Yack	Renne
(g/100g de lait)	0,9-1,9	1,4-3,2	1,4-1,8	3,0-3,9	4,5-7,0	3,0-5,2	2,7-4,7	2,4-4,2	3,4-4,3	4,2-5,9	7,5-13											
Protéines tot.																						
(g/100g de lait)	0,9-1,9	1,4-3,2	1,4-1,8	3,0-3,9	4,5-7,0	3,0-5,2	2,7-4,7	2,4-4,2	3,4-4,3	4,2-5,9	7,5-13											
Tryptophane *	23	28		50		44				85	144	1,8	1,2		1,5		1,2				1,9	1,4
Thréonine*	60	101	56	150	233,7	240	174	135,3	167,2	214	471	4,6	4,3	3,6	4,5	4,1	6,7	4,4	4,1	4,4	4,8	4,5
Isoleucine*	75	90	87	140	279,3	207	194	161,7	209	228	460	5,8	3,8	5,5	4,2	4,9	5,8	4,9	4,9	5,5	5,1	4,4
Leucine*	131	229	135	290	513	314	368	201,3	376,2	636	971	10,1	9,7	8,6	8,7	9,0	8,8	9,3	6,1	9,9	14,2	9,3
Lysine*	81	189	115	270	473,1	290	299	132	315,4	375	909	6,3	8,0	7,3	8,1	8,3	8,1	7,5	4,0	8,3	8,4	8,7
Méthionine*	23	35	28	60	165,3	80	93	66	117,8	143	271	1,8	1,5	1,8	1,8	2,9	2,2	2,3	2,0	3,1	3,2	2,6
Cystéine (*)	22	14	7	20	45,6	46	33	62,7	26,6	51	78	1,7	0,6	0,4	0,6	0,8	1,3	0,8	1,9	0,7	1,1	0,7
Phénylalanine*	57	111	68	160	242,25	155	183	132	174,8	233	466	4,4	4,7	4,3	4,8	4,3	4,8	4,6	4,0	4,6	5,2	4,5
Tyrosine (*)	61	101	58	150	267,9	179	181	102,3	152	172	563	4,7	4,3	3,7	4,5	4,7	5,0	4,6	3,1	4,0	3,9	5,4
Valine*	78	97	102	160	324,9	240	234	135,3	209	313	606	6,0	4,1	6,5	4,8	5,7	6,7	5,9	4,1	5,5	7,0	5,8
Acide aspartique	108	246	140	260	427,5	210	285	227,7	269,8	348	668	8,3	10,4	8,9	7,8	7,5	5,9	7,2	6,9	7,1	7,8	6,4
Sérine	66	147	98	160	296,4	181	186	141,9	155,8	202	568	5,1	6,2	6,2	4,8	5,2	5,1	4,7	4,3	4,1	4,5	5,5
Acide glutamique	231	474	358	770	1157,1	626	857	597,3	836	864	2116	17,8	20,1	22,8	23,1	20,3	17,6	21,5	18,1	22,0	19,4	20,3
Glycine	34	45	19	60	102,6	50	77	69,3	53,2	138	233	2,6	1,9	1,2	1,8	1,8	1,4	1,9	2,1	1,4	3,1	2,2
Arginine	52	123	72	110	193,8	119	102	66	136,8	197	309	4,0	5,2	4,6	3,3	3,4	3,3	2,6	2,0	3,6	4,4	3,0
Histidine	30	56	36	100	148,2	98	109	69,3	110,2		292	2,3	2,4	2,3	3,0	2,6	2,7	2,7	2,1	2,9		2,8
Alanine	52	76	55	100	228	118	121	69,3	95	137	320	4,0	3,2	3,5	3,0	4,0	3,3	3,0	2,1	2,5	3,1	3,1
Proline	112	197	138	320	581,4	368	481	396	387,6	128	963	8,6	8,4	8,8	9,6	10,2	10,3	12,1	12,0	10,2	2,9	9,3
AA essentiels	611	995	656	1450	2545	1795	1759	1129	1748	2450	4939	47,1	42,2	41,7	43,5	44,7	50,8	44,2	34,2	46,0	54,9	47,5
Total	1296	2359	1572	3330	5680	3565	3977	2765	3792	4464	10408	100	100	100	100	99,65	100	100	83,8	99,8	100	100

valeurs indicatives

Sources : Medhammar *et al.*, 2012; Uniacke-Lowe, 2011; Guo *et al.*, 2007; Haenlein, 2004; Davis *et al.*, 1994

*: acides aminés (semi-)essentiels

Effet d'un traitement thermique sur les protéines du lait

Lors d'un traitement thermique, selon les conditions, les protéines du lait seront dénaturées et les ferments lactiques seront inactivés. Les protéines de lait peuvent, en fonction de l'espèce animale, avoir une stabilité thermique différente, par exemple, en raison de différences dans la séquence d'acides aminés (et nombre de ponts disulfures) et un environnement légèrement différent (comme de légères différences de pH, une teneur en matières grasses distincte). Ainsi, par exemple, la stabilité thermique de la lactoferrine et de l'albumine sérique du lait de jument est similaire à celle du lait de vache, mais la stabilité thermique de la β -lactoglobuline et de la α -lactalbumine du lait de jument est plus élevée que celle du lait de vache. Alors que, dans le lait de jument, la β -lactoglobuline est plus thermostable que la α -lactalbumine, l'inverse est constaté dans le lait de vache (Uniacke-Lowe *et al.*, 2010; Bonomi *et al.*, 1994)⁷. Les protéines de lactosérum du lait de chèvre et du lait de brebis apparaissent moins dénaturées à 70 °C que celles du lait de vache, alors que l'inverse est observé à 80 °C et 90 °C. Autour de 85 °C, la vitesse de dénaturation des protéines de lactosérum dans le lait de chèvre et de brebis est légèrement supérieure à celle du lait de vache (mais pas à des températures inférieures de 75 °C et 80 °C) (Ljutovac-Raynal *et al.*, 2007b). Les protéines de lactosérum du lait de chamelle seraient plus résistantes à la dénaturation par la chaleur que celles du lait de bufflonne (Hassan *et al.*, 2009; El-Agamy, 2000), qui à leur tour sont plus résistantes à la chaleur que celles du lait de vache (Jainudeen, 2002). Bien que les protéines de lactosérum de lait de chamelle aient en général également une plus grande stabilité thermique à des températures de 63 à 90 °C que celles du lait de vache (Farah, 1986), le temps de coagulation du lait de chamelle à des températures supérieures est beaucoup plus court, ce qui pourrait être dû à l'absence ou à la très faible quantité de β -lactoglobuline et en κ -caséine dans le lait de chamelle (Farah & Atkins, 1992). Le lait qui est caractérisé par un rapport molaire β -lactoglobuline / κ -caséine de 1 serait plus stable (Barłowska *et al.*, 2011). En comparaison avec le lait de vache, le lait de chèvre est moins stable lors d'un traitement thermique (plus sensible à la coagulation et à l'encrassement / 'fouling'⁸, entre autres à cause d'une plus forte teneur en calcium ionique), de sorte qu'un stabilisateur doit être ajouté.⁹

Comme cela a déjà été indiqué pour la PAL, la vitesse d'inactivation thermique des enzymes du lait dépend aussi du type de lait. Cependant, la plupart des enzymes sont largement inactivées dans les conditions de pasteurisation. L'importance de ceci au niveau nutritionnel semble cependant limitée puisque l'effet bénéfique de la plupart des enzymes du lait n'est pas connu et que les enzymes sont susceptibles d'être largement inactivés dans le tractus gastro-intestinal (AFSCA, 2011).

En ce qui concerne les immunoglobulines (Ig), l'impact du traitement thermique dépend également du type de lait. Par exemple, l'IgG dans le lait de bufflonne et de vache est complètement inactivé à 75 °C / 30 min alors que, dans ces conditions, l'IgG du lait de chamelle présente encore une activité de 30 % (El-Agamy, 2000). La pasteurisation (72 °C / 15 s) du lait de vache résulte en une perte d'activité des Ig de 10 à 30 %, tandis que les Ig lors d'un traitement UHT (138 °C / 4s) ou d'une évaporation sont complètement inactivées. D'autre part, une activité de neutralisation virale des Ig individuels contre le rotavirus a encore été observée dans le colostrum après un traitement thermique similaire (Zagorska & Ciprova, 2012; Elfstrand *et al.*, 2002). L'IgM semble être plus sensible à la chaleur (dans le lait de vache) (Zagorska & Ciprova, 2012; Elfstrand *et al.*, 2002). L'impact du traitement thermique sur les Ig dans ce contexte, cependant, n'a que peu d'intérêt, car leur teneur dans le lait cru est relativement faible.

⁷ La stabilité thermique élevée de la β -lactoglobuline dans le lait de jument peut être expliquée par l'absence d'un groupe sulfhydryle. La dénaturation thermique de β -lactoglobuline du lait de vache se déroule en 2 étapes : d'abord, le déroulement de la chaîne polypeptidique et l'exposition des groupes sulfhydryles, suivis de l'auto-association ou l'interaction avec d'autres protéines via un échange disulfure-sulfhydryle. En raison de l'absence de groupes sulfhydryle, la deuxième étape de dénaturation n'aura pas lieu pour la β -lactoglobuline du lait de jument et la structure sera par conséquent repliée durant le refroidissement (Uniacke-Lowe, 2011).

⁸ la précipitation indésirable de protéines dénaturées et de minéraux

⁹ À cause de l'instabilité de lait de chèvre, il faut, pour le traitement thermique de ce lait, des adaptations technologiques différentes de celles utilisées pour le lait de vache. En ce moment, le phosphate disodique est utilisé pour stabiliser le lait UHT. Il est proposé de permettre l'utilisation des citrates de sodium E 331 dans le lait de chèvre UHT. Lorsque des citrates de sodium E 331 sont utilisés, il y a moins de sédimentation. C'est parce que le pH du lait est plus stable et qu'il y a moins de dénaturation des protéines du lait. Sans stabilisateur, le lait de chèvre coagule avant que la température de traitement UHT nécessaire ne soit atteinte, de sorte que le traitement devient impossible (Proposition de directive du Parlement européen et du Conseil modifiant la directive 95/2/CE concernant les additifs alimentaires autres que les colorants et les édulcorants /* COM/2002/0662 def. - COD 2002/0274 */ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52002PC0662:NL:HTML>).

De même que pour les Ig, les facteurs de croissance (GF) conserveront encore une activité après la pasteurisation, mais seront pratiquement inactivés après le traitement UHT. Il ressort ainsi que l'IGF-1 du lait de vache ne peut pas être dénaturée dans des conditions de pasteurisation HTST (72° / 20 s, 79 °C / 45 s) ou basse (63 °C / 30 min), mais bien dans des conditions UHT (145 °C / 4 s, 121 °C / 5 min) (Anses, 2012; Elfstrand *et al.*, 2002). De plus, le TGF- β ne se dénaturera qu'en conditions UHT (135 °C / 15 s) et peut même être activé à basse température (jusqu'à 90 °C). D'autre part, l'EGF est dénaturé pour environ 50 % lors de la pasteurisation du lait (100 % lors de la stérilisation) (Anses, 2012) (**Tableau 6**). Il convient de noter que l'activité du GF (IGF-1) tend à diminuer au cours de la conservation (Elfstrand *et al.*, 2002) et que, très probablement, le GF se dégrade largement dans le tractus gastro-intestinal (Anses, 2012), ce qui fait que l'effet d'un traitement thermique sur les effets bénéfiques potentiels (même s'il existe aussi un lien avec le cancer, cf. ci-dessus) de ces composants aura probablement également peu d'importance.

En ce qui concerne la fraction NPN, il se produit, pendant la pasteurisation, l'UHT et la stérilisation, une augmentation de la cytidine et de la guanine, et une diminution de l'adénosine. Cette modification de la teneur en nucléosides est principalement due à l'augmentation de l'activité catalytique des enzymes du lait adénosine désaminase et phosphatase alcaline au cours de la phase de chauffage, avec une hydrolyse possible du groupe phosphate des nucléotides et une augmentation de la teneur en nucléosides correspondants à des températures plus élevées (Schlimme *et al.*, 2002).

En dépit de ces différences entre le lait de différentes espèces animales, il est à noter que la valeur nutritionnelle d'une protéine dépend de la digestibilité (voir **3.4.2.1**) et de la présence d'acides aminés essentiels. Un traitement thermique modifie principalement les propriétés fonctionnelles des protéines (par ex. les propriétés émulsifiantes et de rétention d'eau, la solubilité), mais a peu d'effet sur la digestibilité ou les propriétés nutritionnelles des protéines du lait (Lacroix *et al.*, 2006; Douglas *et al.*, 1981).

3.4.1.2. Matière grasse laitière

La matière grasse du lait est un fournisseur d'énergie important (par ex. pour les nouveau-nés), mais aussi un vecteur important pour les vitamines liposolubles et d'acides gras essentiels. La teneur en matière grasse du lait d'ânesse et de jument est nettement plus faible que la teneur en matière grasse du lait maternel et de ruminants, ce qui se reflète également dans la valeur calorifique. Chez les ruminants, le lait, notamment de renne et d'autres sortes de cervidés, se caractérise par une teneur élevée en matières grasses (**Tableau 3 ; Figure 1b**).

Comme (en plus de l'alimentation) le mécanisme de synthèse des acides gras diffère entre les ruminants et les non-ruminants, la composition en acides gras du lait est également différente. Le lait de jument et d'ânesse se compose à ~80-85 % de triglycérides, à ~9,5 % d'acides gras libres et à ~5-10 % de phospholipides. Le lait de vache, le lait de brebis, le lait de chèvre et le lait maternel se composent d'environ 97-98 % de triglycérides, avec une faible teneur en phospholipides (0,5-1,5 %) et en acides gras libres (0,7-1,5 %) (Uniacke-Lowe, 2011; Park *et al.*, 2007; Doreau & Martin-Rosset, 2002; Malacarne *et al.*, 2002; Jensen *et al.*, 1990). Les globules de matière grasse laitière du lait d'ânesse peuvent avoir un diamètre allant jusqu'à environ ~ 10 μm , tandis que les globules gras du lait de jument, du lait de vache et du lait maternel sont plus petits avec un diamètre moyen de, respectivement, 2-3 μm , 3-3,5 μm et ~4 μm (Uniacke-Lowe, 2011).

L'absorption d'acides gras saturés et d'acides gras trans est souvent associée à un risque accru de maladie cardiovasculaire (MCV) (Astrup *et al.*, 2011; CSS, 2009).

Cependant, des études épidémiologiques ont démontré qu'il n'y avait aucune relation conséquente entre l'absorption élevée de produits laitiers et les MCV (Astrup *et al.*, 2011). Certains acides gras saturés pourraient en outre avoir un effet neutre, voire positif, sur la santé publique, en fonction de la longueur de la chaîne des différents acides gras. Ainsi, l'absorption d'acides gras à chaînes courtes (< C_{12:0}) se produira plus vite et le foie les consommera rapidement, de sorte qu'ils ne pourront pas circuler dans le sang. Les acides gras à chaîne moyenne et longue sont absorbés et transportés dans le corps par l'intermédiaire d'un processus complexe à l'aide de lipoprotéines. Ce sont ces acides gras, et notamment C_{12:0}, C_{14:0} et C_{16:0}, qui ont une influence sur la présence de cholestérol dans le sang et qui augmentent le risque de maladie cardio-vasculaire. L'acide stéarique (C_{18:0}) est une exception à cette règle parce que l'absorption par l'intestin est très limitée.

Les acides gras trans dans l'alimentation ne proviennent pas uniquement des aliments d'origine animale (le lait, la viande), ils sont également formés au cours du traitement (industriel) de la nourriture, principalement à partir d'huiles végétales partiellement hydrogénées (par ex. les huiles de friture, les margarines, les pâtes à tartiner, les produits de boulangerie). Bien qu'à ce jour, peu de recherches aient été menées sur les effets spécifiques des acides gras trans d'origine « industrielle » ou « naturelle », les études épidémiologiques disponibles indiquent une corrélation positive entre la consommation d'acides gras trans « industriels » et les MCV, mais pas entre les acides gras trans « naturels » et les MCV (Chardigny *et al.*, 2008; Stender *et al.*, 2008). En outre, jusqu'à 60 % des acides gras dans des produits transformés ou préparés industriellement peuvent être des acides gras trans, en comparaison avec généralement pas plus de 6 % contenus dans la graisse des produits animaux (Stender *et al.*, 2008; German & Dillard, 2006). (Il est toutefois à noter qu'il existe une tendance claire à limiter la teneur en acides gras trans d'origine industrielle dans les aliments.)

Les acides gras insaturés, en particulier les acides gras mono-insaturés (AGMI) ainsi que les acides gras polyinsaturés (AGPI) oméga-3 (*n*-3), ont un effet bénéfique sur le risque global de MCV. En outre, l'acide linoléique (*n*-6 C_{18:2}) et l'acide alpha-linolénique (*n*-3 C_{18:3}) sont des acides gras essentiels et des précurseurs d'AGPI *n*-6 et *n*-3 à longue chaîne (par ex. l'acide arachidonique : AA, *n*-6 C_{20:4}; l'acide eicosapentaénoïque : EPA, *n*-3 C_{20:5}; l'acide docosahexaénoïque : DHA, *n*-3 C_{22:6}), qui sont des composants de membranes cellulaires, des précurseurs d'autres métabolites essentiels tels que les prostaglandines et les prostacyclines, et qui sont importants pour le développement neurologique. La matière grasse laitière ne contient que des traces d'acides gras à longues chaînes avec une longueur de chaîne supérieure à 18 C, tels que, par exemple, AA, EPA et DHA (German & Dillard, 2006; Orlandi *et al.*, 2003; Jensen *et al.*, 1990).

En outre, il faut également prendre en compte la répartition des acides gras sur la chaîne de glycérol (position *sn*-1, 2 ou 3), ce qui influence la biodisponibilité et, par conséquent, également les possibles effets bénéfiques / nuisibles sur la santé (German & Dillard, 2006). Pour le lait d'ânesse, par exemple, la position des acides gras sur la chaîne de glycérol et, en particulier, des acides gras saturés à longue chaîne, serait semblable à celle du lait maternel, où la position *sn*-2 est occupée principalement par l'acide palmitique (C_{16:0}). Dans le lait de vache, la position *sn*-3 est principalement occupée par des acides gras à longueur de C_{4:0} à C_{10:0} (Gastaldi *et al.*, 2010; Jensen *et al.*, 1990).

Le lait de jument et le lait d'ânesse contiennent un pourcentage plus élevé d'AGPI et (dans une moindre mesure) un pourcentage plus faible d'acides gras saturés et d'AGMI par rapport à la matière grasse du lait des ruminants (**Tableau 9**). En valeurs absolues, le lait d'ânesse contient environ 1,69 g/l d'AGPI par rapport aux 5,78 g/l dans le lait maternel et au 1,31 g/l dans le lait de vache, 5,46 g/l d'acides gras saturés par rapport aux 15,2 g/l dans le lait maternel et aux 25,8 g/l dans le lait de vache, et 1,96 g/l d'AGMI par rapport aux 16,9 g/l dans le lait maternel et aux 9,2 g/l dans le lait de vache (Gastaldi *et al.*, 2010). Les acides gras de la graisse du lait de jument, mais aussi de celle du lait d'ânesse, sont essentiellement des acides gras insaturés ou à chaîne courte, ce qui est intéressant d'un point de vue nutritionnel. Par rapport à la graisse du lait de vache, la graisse de lait de jument contient environ 10 fois plus d'acide caprylique (C_{8:0}), ~3 fois plus d'acide caprique (C_{10:0}) et ~2 fois plus d'acide laurique (C_{12:0}). D'autre part, la graisse du lait de jument ne contient que la moitié de la quantité d'acide myristique (C_{14:0}) et d'acide palmitique (C_{16:0}) et un cinquième de la quantité d'acide stéarique (C_{18:0}) de la graisse du lait de vache (Salamon *et al.*, 2009). En outre, le lait d'ânesse et de jument est caractérisé par un ratio *n*-6:*n*-3¹⁰ bien équilibré et une teneur plus élevée en acide linoléique (*n*-6 C_{18:2}) et en acide α -linolénique (*n*-3 C_{18:3}) que le lait de vache. Par rapport à la matière grasse du lait de vache, celle du lait de jument contient environ 5 fois plus d'acide linoléique et ~224 fois plus d'acide linolénique (Salamon *et al.*, 2009).

Une explication possible de la différence de teneur en acides gras insaturés / saturés du lait des ruminants et des non-ruminants est à rechercher dans le fait que les acides gras insaturés provenant du fourrage ne sont pratiquement pas (ou sont moins) hydrogénés dans le système digestif des animaux non-ruminants. Dans la panse (rumen) des ruminants (bovins, ovins, caprins), les acides gras insaturés présents dans l'alimentation sont transformés en acides gras saturés par l'action microbienne. Au cours de ce processus de biohydrogénation naturelle, des acides gras trans sont également formés, dont notamment l'acide mono-insaturé vaccénique (C_{18:1 11t}) et, dans une moindre

¹⁰ Notre alimentation contient généralement un excès d'acides gras *n*-6 en comparaison avec les acides gras *n*-3 (ratio *n*-6:*n*-3 de 15:1 à 16,7:1), ce qui est associé au développement des maladies cardiovasculaires, du cancer ainsi que des maladies inflammatoires et auto-immunes. Selon Simopoulos (2004), un équilibre *n*-6:*n*-3 optimal dans l'alimentation se situe entre 1:1 et 1:5 pour avoir une action efficace contre diverses maladies.

mesure, l'acide polyinsaturé ruménique (C_{18:2 9c, 11 t}), un isomère de l'acide linoléique conjugué ou ALC (Korhonen, 2009; Stender *et al.*, 2008; Jahreis *et al.*, 1999). Il y a des éléments indiquant que certains des isomères de ces ALC pourraient avoir des effets potentiellement bénéfiques sur la santé, dont l'inhibition de la carcinogenèse et de l'ostéoporose, des propriétés antiobésité, la modulation du système immunitaire et le contrôle du diabète. Certains ALC améliorent également le rapport cholestérol LDL / HDL ('low density lipoprotein' / 'high density lipoprotein') dans le plasma sanguin, ce qui est un facteur important pour la prévention des maladies cardiaques et de l'artériosclérose (Barłowska *et al.*, 2011; Uniacke-Lowe, 2011; German & Dillard, 2006). Les animaux monogastriques sont moins en mesure de produire des acides gras saturés et des acides gras trans (Korhonen, 2009; Jahreis *et al.*, 1999), ce qui fait que la composition de la matière grasse de leur lait reflète plutôt celle du fourrage. D'où également la teneur en acide linoléique remarquablement élevée dans la graisse du lait de jument, un AGPI qui, lorsqu'il est présent dans le fourrage, est en grande partie hydrogéné dans le rumen des ruminants. Le lait de jument contient également des acides gras trans, ce qui suggère une certaine hydrogénation des acides gras par des micro-organismes intestinaux avant l'absorption (Hoffman *et al.*, 1998). L'acide vaccénique peut également être transformé en acide ruménique chez les non-ruminants et chez l'homme, quoique dans une moindre mesure (Stender *et al.*, 2008).

Entre les divers ruminants, il existe également des différences dans la composition de la matière grasse du lait. La matière grasse du lait de chèvre contient en moyenne plus d'acides gras saturés à chaîne courte et moyenne (de C_{4:0} à C_{16:0}) et d'acide linoléique (C_{18:2}) que la matière grasse du lait de vache, mais moins d'acide stéarique (C_{18:0}) et d'acide oléique (C_{18:1}) (Barłowska *et al.*, 2011; Haenlein, 2004).

Le lait de bufflonne (mais aussi le lait de chèvre) a une teneur plus élevée en matières grasses, mais un taux de cholestérol plus faible que le lait de vache (**Tableau 9**). La matière grasse du lait de renne et de bufflonne contient, en comparaison à la matière grasse du lait d'autres animaux, un pourcentage élevé d'acides gras saturés. En valeurs absolues, le lait de renne, qui a une teneur en matières grasses encore plus élevée que le lait de bufflonne, dépasse sensiblement d'autres types de lait, avec une moyenne de 11240 mg d'acides gras saturés par 100 g de lait par rapport à, par exemple, 1870 mg dans 100 g de lait de vache (Medhammar *et al.*, 2012).

Le lait de chamelle a en moyenne une teneur en matières grasses plus élevée que le lait de vache. La matière grasse laitière de la chamelle est constituée d'environ 61 % d'acides gras saturés, dont 27 % d'acide palmitique, 14,7 % d'acide stéarique, 12,4 % d'acide myristique et seulement 0,8 % d'acide caproïque (C_{6:0}) et d'acide caprique, et contient de 6 à 8 fois moins d'acides gras à chaîne courte par rapport au lait de vache, de chèvre, de brebis et de bufflonne (Barłowska *et al.*, 2011; Nikkah, 2011; Mittaine, 1962). Le lait de chamelle contient en outre le plus grand taux de cholestérol parmi les types de lait observés (tableau 8). Le lait de chamelle, cependant, a un ratio plus élevé d'acides gras saturés / insaturés (~0,4) par rapport au lait de vache et de chèvre (~0,3) (Konuspayeva *et al.*, 2008).

Tableau 9. Profil d'acides gras (% des acides gras totaux) et teneur en cholestérol du lait de différentes espèces animales

	Diamètre des globules gras (µm)	Acides gras saturés (AGS)	AGM ¹	AGP ²	C _{18:2} ³	C _{18:3} ⁴	Ratio n-6 : n-3	ALC ⁵	Cholestérol (mg/100 g de lait)
Homme		37-45	33-45	13-19	6-17,7	0,6-3,4	7-8	0,2-1,1	14-20
Non-ruminants									
Cheval	2-3	30-59	13-36	16-37	4,4-20,3	2,2-32	0,3-3,5	0,1-0,4	4,5
Âne	1-10	47-68	14-35	15-31	8,2-15,2	6,3-16,3	1,2-1,3	-	2,2
Ruminants									
Vache	3,2-4,6	56-73	23-30	2-6	1,6-3	0,3-1,8	2,1-3,7	0,2-2,4	13,1-31,4
Ovin	3,0-3,3	58-65	23-39	2-7	1,6-3,6	0,5-2,1	1-3,8	0,6-1,1	8,4-29,0
Caprin	2,6-3,5	60-70	22-36	3-6	2,5-4,3	0,2-0,9		0,3-1,2	8,1-20
Buffle	4,1-8,7	62-94	24-31	2-4	2,0	0,7	2	0,4-2	4-18
Chameau	2,99	60-70	28-80	7-10	1,2-1,6	0,5-0,6			31,3-37
Lama		65	31	2-4				1	

Yack	65	18-31,6	2-4,2	0,2	22
Renne	56-113	15-24	2-6		

Valeurs indicatives

Sources: Naert *et al.*, 2013; Devle *et al.*, 2013; Mayer & Fiechter, 2012; Medhammar *et al.*, 2012; Salimei & Fantuz, 2012; Bałowska *et al.*, 2011; Bernacka, 2011; Liu *et al.*, 2011; Nikkah, 2011; Radzik-Rant *et al.*, 2011; Uniacke-Lowe, 2011; Abd El-Salam & El-Shibiny, 2010; Gastaldi *et al.*, 2010; Park, 2009; Park *et al.*, 2007; Salimei *et al.*, 2004; Malacarne *et al.*, 2002; Jahreis *et al.*, 1999; Mittaine, 1962

^{1, 2}: respectivement, acides gras mono-et poly-insaturés; ^{3, 4}: acide linoléique / acide linoléique ; ⁵: ALC = acide linoléique conjugué

Les lipides sont sensibles à deux types de dégradation chimique, à savoir la rancidité oxydative et hydrolytique (lipolyse). La teneur élevée en acides gras libres dans le lait de jument implique des occurrences plus rapides de problèmes de stabilité en terme de rancissement (Uniacke-Lowe, 2011). Aucune étude sur la décomposition chimique du lait de jument n'a été trouvée. La teneur élevée en acides gras polyinsaturés du lait de jument et d'ânesse (**Tableau 9**) rend ce type de lait plutôt sensible à l'oxydation. Le lait de jument est cependant moins sensible à l'oxydation qu'on pourrait s'y attendre sur base de la teneur relativement élevée en acides gras polyinsaturés, et ce, peut-être à cause de la présence d'antioxydants naturels dans le lait (Doreau & Martin-Rosset, 2002). Le lait de jument, tout comme le lait d'autres espèces animales, contient de la lipase, qui, dans certaines circonstances, peut produire une rancidité hydrolytique (voir **3.4.1.1, Enzymes**).

Effet du traitement thermique sur la matière grasse du lait

La pasteurisation HTST et le traitement UHT n'ont pratiquement aucun effet sur les propriétés nutritionnelles des matières grasses du lait (AFSCA, 2011). La membrane des globules gras et ses composés protéiques sensibles à la chaleur peuvent subir certaines modifications qui peuvent influencer l'agglomération des globules gras et le crémage (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2007b). Les changements observés dans la teneur en ALC du lait de vache au cours d'un traitement thermique HTST, mais aussi UHT, se révèlent, en outre, beaucoup moins importants que les variations liées au fourrage (Mattila-Sandholm & Saarela, 2003). Une pasteurisation conventionnelle (et homogénéisation) n'a montré aucun effet significatif sur la teneur en ALC du lait de bufflonne (Pandya & Haenlein, 2009).

3.4.1.3. Les sucres du lait

Le disaccharide lactose (Gal(β1-4)Glc) est quantitativement le sucre le plus important du lait. La teneur en lactose du lait de jument et d'ânesse est similaire à celle du lait maternel, mais supérieure à celle du lait de vache ou du lait d'autres ruminants (**Tableau 3; Figure 1 c**). Le lactose qui n'est pas absorbé dans l'intestin grêle, possède des propriétés prébiotiques (substrat pour la flore intestinale et augmentation de l'activité intestinale saccharolytique) et est bifidogène (stimule la croissance des bifidobactéries) (Schaafsma, 2002).

Outre le lactose, le lait contient d'autres glucides, libres ou liés aux lipides, aux protéines ou aux phosphates. Ainsi, il contient également une petite fraction d'oligosaccharides contenant en quasi-totalité une unité de lactose à l'extrémité réductrice et constitués de galactose, de fucose, de N-acétylglucosamine et/ou de N-acétylneuraminique (acide sialique). La teneur en oligosaccharides de ce type est beaucoup plus faible dans le lait des animaux (0,25 à 0,30 g/l dans le lait de chèvre, > 0,1 g/l dans le lait de bufflonne, de 0,03 à 0,09 g/l dans le lait de vache et de 0,02 à 0,04 g/l dans le lait de brebis) par rapport au lait maternel (5 à 10 g/l) (Abd El-Salam & El-Shibiny, 2011; Martinez-Ferez *et al.*, 2006; Mehra & Kelly, 2006). La teneur en oligosaccharides du lait de jument n'a pas été trouvée dans la littérature, mais elle est probablement beaucoup plus faible que dans le colostrum de jument (~18,6 g/l dans le colostrum de jument par rapport à ~20 g/l dans le colostrum humain) (Uniacke-Lowe, 2011; Nakamura *et al.*, 2001). La complexité de la structure de cette fraction glucidique rend difficile la comparaison fonctionnelle entre les différents types de lait (Potočnik *et al.*, 2011). Le **Tableau 10** donne une indication de la répartition des oligosaccharides dans les différents types de lait et de colostrum.

Les oligosaccharides du lait ont le potentiel de moduler la croissance de la flore intestinale, d'influencer les divers processus gastro-intestinaux et inflammatoires, et de protéger contre les

infections bactériennes et virales (Kunz & Rudloff, 2006). Les oligosaccharides renfermant de l'acide sialique dans le lait maternel agiraient comme des récepteurs spécifiques pour les virus, les bactéries et les parasites. La teneur en acide sialique, un composant qui affecte le développement de la flore intestinale et, très probablement, le niveau de glycosylation des gangliosides dans le cerveau et le système nerveux central, est nettement plus élevée dans le lait maternel (100 mg/100 ml) que dans le lait de vache (20 mg/100 ml) ou le lait de jument (5 mg/100 ml) (Potočnik *et al.*, 2011; Malacarne *et al.*, 2002).

Tableau 10. Oligosaccharides (g/l) dans les différents types de lait et/ou de colostrum

	<u>Homme</u>	<u>Cheval</u> colostrum	<u>Vache</u> melk	<u>Vache</u> colostrum	<u>Caprin</u> lait / colostrum	<u>Ovin</u> lait / colostrum	<u>Buffle</u> lait / colostrum
Oligosaccharides neutres							
Lacto- <i>N</i> -tétraose	0,5-1,5		traces	—	—	—	—
Lacto- <i>N</i> -fucopentose I	1,2-1,7		—	—	—	—	—
Lacto- <i>N</i> -fucopentose II	0,3-1,0		—	—	—	—	—
Lacto- <i>N</i> -fucopentose III	0,01-0,2		—	—	—	—	—
Lacto- <i>N</i> -difucohexaose I	0,1-0,2		—	—	—	—	—
Lacto- <i>N</i> -novopentaose		0,001		(*)	—	—	—
<i>N</i> -acétylgalactosamine glucose				(*)	—	—	—
<i>N</i> -acétylgalactosyl-lactose				(*)	—	—	—
α-3'-galactosyl-lactose				(*)	0,03-0,05	(*)	—
β-3'-galactosyl-lactose		0,0078		(*)	—	(*)	—
β-6'-galactosyl-lactose		0,0048		(*)	(*)	(*)	—
<i>N</i> -acetylglucosamine				(*)	—	—	—
<i>N</i> -acétylglucosaminyl-lactose					0,02-0,04	—	—
Oligosaccharides acides							
NeuAc(α2-6)lactose	0,3-0,5		0,03-0,06	0,019	0,05-0,07	—	—
NeuAc(α2-3)lactose	0,1-0,3	(*)	(combiné)	0,095	0,03-0,05	(*)	—
<i>N</i> -glycolylneuraminyl-lactose					0,04-0,06	—	—
NeuAc-lacto- <i>N</i> -tétraose a	0,03-0,2		traces	—	—	—	—
NeuAc-lacto- <i>N</i> -tétraose c	0,1-0,6		traces	—	—	—	—
NeuAc2-lacto- <i>N</i> -tétraose	0,2-0,6		traces	—	—	—	—
6-sialyl lactosamine				0,047	(*)	—	—
3-Sialylgalactosyl-lactose				traces (3 μmol/l)	—	—	—
Disialyl-lactose				0,028	0,001-0,005	—	(*)
Sialyl-lactose-1-phosphate				traces (3 μmol/l)	—	—	—
Sialyl-lactose-6-phosphate				traces (1 μmol/l)	—	—	—
3-Glucolylneuraminyl-lactose				traces (2 μmol/l)	—	—	—
6-Glucolylneuraminyl-lactose				(*)	(*)	(*)	—
GlcNAcβ(1-3)Galβ(1-4)	—		—	—	—	—	(*)
GlcNAcβ(1-3)Galβ(1-4)Glc							

Sources : Uniacke-Lowe, 2011; Mehra & Kelly, 2006

(*) : l'oligosaccharide a été détecté et caractérisé, mais sa concentration n'a pas été rapportée

Effet du traitement thermique sur les sucres du lait

Le chauffage (UHT / stérilisation) transforme, dans une mesure limitée, le lactose en lactulose (~0,5 % au cours du traitement UHT ; 1 à 2 % lors de la stérilisation), qui possède également des propriétés probiotiques (Schaafsma, 2002). À des températures plus élevées, le lactose peut également réagir avec les protéines du lait via la réaction de Maillard (Berg & van Boekel, 1994).

L'acide sialique est présent dans le lait cru par protéolyse bactérienne de la κ-caséine. Également pendant la période de chauffage, l'acide sialique est libéré à partir de la κ-caséine, ce qui fait que la teneur est plus élevée dans le lait UHT par rapport au lait pasteurisé. La teneur en acide sialique dans le lait UHT tend d'ailleurs à augmenter pendant la conservation. L'acide sialique est ainsi préconisé

comme indicateur de qualité pendant l'entreposage du lait UHT (Zalazar *et al.*, 1996; Khalifa *et al.*, 1985). La pasteurisation n'affecterait pas la concentration des oligosaccharides du lait maternel (Bertino *et al.*, 2008).

3.4.1.4. Les vitamines dans le lait

La teneur en vitamine totale du lait est très variable et dépend, entre autres, du statut en vitamines de l'animal mère, avec la teneur en vitamines hydrosolubles plus dépendante du régime alimentaire que la teneur en vitamines liposolubles. À l'exception de la niacine (B₃), de l'acide folique (B₉), de la cobalamine (B₁₂) et des vitamines A, C et E, les teneurs en vitamines sont en moyenne moins élevées dans le lait maternel que dans d'autres types de lait (**Tableau 11**). Pour la majorité des vitamines, la teneur dans le lait (à la fois des ruminants et des non-ruminants) est trop faible pour répondre aux besoins nutritionnels, tel qu'illustré dans la **Figure 3a**. Comme démontré dans l'avis 15-2011 du Comité scientifique (AFSCA, 2011), dans le lait de vache ce sont surtout les teneurs en riboflavine (B₂) et en cobalamine (B₁₂) qui sont pertinentes sur le plan nutritionnel pour les adultes. La teneur de ces vitamines est à peu près similaire dans le lait d'autres ruminants (à l'exception d'une teneur plus faible en vitamine B₁₂ dans le lait de chèvre). La teneur de la majorité des vitamines est en moyenne plus faible dans le lait de jument et le lait d'ânesse par rapport au lait des ruminants. Le lait de jument se caractérise cependant généralement par une teneur relativement élevée en vitamine C (Doreau & Martin-Rosset, 2002; Csapó *et al.*, 1995; Mittaine, 1962) et le lait de chamelle peut même contenir trois fois plus de vitamine C que le lait de vache (ce qui est surtout pertinent sur le plan nutritionnel dans les zones arides où les fruits et les légumes sont peu disponibles) (Farah *et al.*, 1992).

En outre, il convient de noter que le lait de brebis, de chèvre et de bufflonne a une plus grande teneur en vitamine A que le lait de vache. Comme les chèvres et les bufflonnes convertissent le β -carotène jaune en vitamine A, leur lait est d'ailleurs plus blanc que celui de la vache (Abd El-Salam & El-Shibiny, 2011; Park *et al.*, 2007; Jainudeen, 2002).

Effet d'un traitement thermique sur les vitamines dans le lait

En raison des différences dans la composition, l'effet d'un traitement thermique sur les vitamines des différents types de lait sera également légèrement différent. Par exemple, lors de différents traitements thermiques, les pertes de vitamines dans le lait de vache seraient supérieures à celles dans le lait de bufflonne (Pandya & Haenlein, 2009). Les données sont cependant rares. Comme déjà démontré dans l'avis 15-2011 du Comité scientifique (AFSCA, 2011) pour le lait de vache, l'effet de la pasteurisation et du traitement UHT sur l'apport de vitamines nutritionnelles pertinentes dans le lait de vache est pratiquement nul ou très faible. Des conclusions similaires peuvent sans doute être tirées pour le lait d'autres espèces animales.

La vitamine C, dont la teneur est plutôt élevée dans le lait maternel, le lait de jument et le lait de chamelle, est relativement sensible à la chaleur. Dans le lait de vache, une diminution de 10 % après pasteurisation et de 10 à 20 % après un traitement UHT de la teneur en vitamine C est observée. La vitamine C serait également plus thermosensible dans le lait de chamelle que dans le lait de vache (Medhammar *et al.*, 2012). La perte en vitamines n'est pas seulement due au traitement thermique, mais peut aussi être causée par la méthode de refroidissement appliquée, le contact avec l'oxygène, la lumière et les conditions de stockage. En outre, un régime équilibré occidental offre une compensation plus qu'adéquate pour les pertes éventuelles de vitamines dues à un traitement thermique du lait.

3.4.1.5. Les minéraux du lait

La teneur en cendres du lait des non-ruminants est inférieure à celle du lait des ruminants (**Tableau 3**). Bien qu'il existe de grandes différences dans la teneur en minéraux du lait des différentes espèces animales, la concentration de la plupart de ces minéraux dans le lait d'ânesse et de jument est plus élevée que dans le lait maternel, mais beaucoup plus faible que dans le lait de ruminants (**Tableau 12**) (Fantuz *et al.*, 2012; Uniacke-Lowe, 2011). Les principaux minéraux du lait sont le calcium (Ca) et le phosphore (P), qui sont nécessaires au développement des os et à la croissance osseuse. Le lait

de vache contient environ 50 % de Ca en plus et deux fois plus de P et de potassium (K) que le lait de jument ou d'ânesse, mais le lait de jument et d'ânesse contient environ 2 à 3 fois plus de Ca et de P que le lait maternel (Salimei & Fantuz, 2012; Csapó *et al.*, 2009; Anderson, 1991). Par rapport au lait de vache, le lait de brebis, de chèvre, de buffle et de renne/cerf contient en moyenne plus de Ca et de P (Abd El-Salam & El-Shibiny, 2011; Park, 2009; Jainudeen, 2002; Tziboula-Clarke, 2002; Morin *et al.*, 1995a), bien que ces teneurs puissent varier considérablement. La **Figure 3b** illustre la contribution de la consommation des différents types de lait à l'apport journalier recommandé en minéraux.

Cependant, en plus de la teneur en minéraux, il faut également considérer d'autres facteurs qui influencent (peuvent influencer) leur biodisponibilité.

Dans un régime alimentaire occidental, les produits laitiers sont les principaux fournisseurs de Ca (contribution de ~ 60-70 % à l'apport en Ca). Hormis sa forte teneur en Ca, le lait dispose également d'une bonne biodisponibilité du Ca d'environ 30 %. L'absorption du calcium est renforcée par, entre autres, la présence de vitamine D et la fixation du calcium à la caséine (aussi bien sous forme minérale qu'organique) (Gueguen & Pointillart, 2000). La teneur en vitamine D native du lait est faible chez toutes les espèces animales considérées. Le lait de brebis par exemple (mais aussi le lait d'autres ruminants), contient des teneurs élevées en caséine et en Ca, alors que ces teneurs sont beaucoup plus faibles dans le lait maternel, le lait de jument et le lait d'ânesse (**Tableau 4 & Tableau 12**) (Barłowska *et al.*, 2011). En revanche, le rapport calcium-phosphore du lait de jument, d'ânesse et de chamelle serait plus favorable pour l'absorption de Ca que celui du lait de vache. Le ratio Ca / P du lait d'ânesse, de jument et de chamelle est d'environ 1,5 à 1,6 et se situe entre le ratio plus faible dans le lait de vache (~ 1,2) et le ratio plus élevé dans le lait maternel (~ 2,1) (El-Agamy, 2009; Salimei *et al.*, 2004; Anderson, 1991).

Un autre exemple est le fer (Fe), dont la concentration dans le lait est faible par nature. Le Fe est présent dans le lait en combinaison avec diverses protéines telles que la lactoferrine, la transferrine et la ferrilactine. Dans le lait de ruminants, le fer (Fe), le zinc (Zn) et le cuivre (Cu) sont principalement liés à la fraction caséine, tandis que, dans le lait maternel, ils sont liés à des protéines solubles (Barłowska *et al.*, 2011). La biodisponibilité du fer est plus élevée dans le lait de chèvre que dans le lait de vache. Ceci serait lié à une teneur plus élevée en nucléotides (**Tableau 8**) qui augmenteraient l'absorption intestinale du fer (Barłowska *et al.*, 2011; Park, 2009).

Effet du traitement thermique sur les minéraux du lait

De manière générale, un traitement thermique réduit la solubilité du Ca et du P dans la phase aqueuse. Selon l'intensité du traitement thermique, ce changement dans l'équilibre du sel est réversible. Les minéraux ont un effet sur la stabilité thermique globale du lait, et ce pas uniquement de leur influence sur le pH. Ainsi, par exemple, la concentration en ions Ca (et en protéines de lactosérum) qui interagissent avec la caséine déterminera également la stabilité thermique du lait (Barłowska *et al.*, 2011). Cependant, il y a beaucoup d'autres facteurs qui influencent la stabilité thermique du lait. Pour le lait de chèvre, la concentration élevée en Ca ionique et la faible solvataion micellaire sont les facteurs clés. La concentration en Ca ionique est, dans une large mesure, déterminée par la quantité de citrate. Le lait de chèvre contient environ 40 % de citrate en moins que celui de vache. Comme cela a déjà été mentionné (voir **3.4.1.1**), un stabilisateur est habituellement ajouté avant le traitement thermique du lait de chèvre dans le but d'accroître la stabilité colloïdale (Barłowska *et al.*, 2011). Le lait de bufflonne a une certaine stabilité thermique, mais serait moins stable à la chaleur que le lait de vache à cause de la teneur élevée en graisses et en calcium, les changements de pH et la faible teneur en urée du lait de bufflonne par rapport au lait de vache (Abd El-Salam & El-Shibiny, 2011).

Tableau 11. Teneur en vitamines ($\mu\text{g}/100\text{ml}$) dans le lait de différentes espèces mentionnée dans la littérature

	Vitamines hydrosolubles									Vitamines liposolubles				Réf.
	Thiamine (B ₁)	Riboflavine (B ₂)	Niacine (B ₃)	Acide pantothénique (B ₅)	Pyridoxine (B ₆)	Biotine (B ₇)	Acide folique (B ₉)	Cobalamine (B ₁₂)	Acide ascorbique (C)	Vitamine A & β -carotène	Cholécalciférol (D ₃)	α -tocophérol (E)	Phylloquinone (K)	
Homme	14-17	20-60	147-178	184-270	11-14	0,4-0,6	5,2-16	0,03-0,05	3500-10000	30-200	0,04-0,1	300-800	0,2-1,5	a,g,h,k
Non-ruminants / monogastriques														
Cheval	20-40	10-37	70-140	277-300	30		0,13	0,3	1287-8100	9,3-34	0,32	26-113	2,9	b,e,h,i,j,m
Ane	21-60	30-97	57-90					0,11	2000	1,7		5,1		a,e,h,j
Ruminants														
Vache	28-90	116-202	50-120	260-490	30-70	2-4	1-18	0,27-0,7	300-2300	17-50	0,3	20-184	1,1-3,2	a,b,c,e,f,g,i,k
Ovin	28-80	160-429	300-500	350-408	27-80	0,9-9,3	0,24-5,6	0,30-0,71	425-6000	41-50	0,18-1,18	120		a,d,f,g,j,l
Caprin	40-68	110-210	187-370	310	7-48	1,5-3,9	0,24-1	0,06-0,07	900-1500	50-68	0,25			a,d,f,g,j
Buffle	40-50	100-120	80-171	150-370	25-330	11-13	0,6	0,3-0,4	1000-2540	69		190-200		a,e,f
Chameau	10-60	42-168	400-770	88-368	50-55		0,4	0,2	2400-18400	5-97	0,3-1,6	21-150		c,e,g,k,n
AJR ($\mu\text{g}/\text{jour}$)¹														
< 1 an	200-300	300-400	2000-4000 ²	1700-1800	100-300	5-6	80 ³	0,4-0,7	25000-30000	375-400 ⁴	5	2700	5-10	o
	500	400	800	2000-3000	400	5	50	0,5	50000	375	10	4000	10	p
Adulte	1100-1200	1100-1300	14000-16000 ²	5000	1300-1700	30	400 ³	2,4	45000	500-600 ⁴	5-10	7500-10000	35-65	o
	1100-1500	1200-1500	14000-16000 ²	5000-12000	1800-2000	30-70	200	1,4	110000	500-600	10-15	15000	50-70	p

valeurs indicatives

¹ : apport journalier recommandé ; ² : équivalents de niacine (mg/jour) ; ³ : équivalents de folate ($\mu\text{g}/\text{jour}$) ; ⁴ : apport « sûr » recommandé au lieu de l'AJR ;

^a : Uniacke-Lowe, 2011 ; ^b : Salamon *et al.*, 2009 ; ^c : Farah *et al.*, 1992 ; ^d : Jandal, 1996 ; ^e : Medhammar *et al.*, 2012 ; ^f : Mittaine, 1962 ; ^g : Barłowska *et al.*, 2011 ; ^h : Salimei & Fantuz, 2012 ; ⁱ : Csapó *et al.*, 1995 ; ^j : Souci *et al.*, 2008 ; ^k : El-Agamy, 2009 ; ^l : Recio *et al.*, 2009 ; ^m : Sheng & Fang, 2009 ; ⁿ : Alhadrami, 2002 ; ^o : WHO/FAO, 2004 ; ^p : CSS, 2009

Tableau 12. Teneur en éléments inorganiques (mg/100g) dans le lait de différentes espèces, mentionnée dans la littérature

	Ca	P	K	Mg	Na	Citrate	Cl	Fe	Zn	Cu	Réf.
Homme	28-34	14-43	53-62	3-4	10-18		60-63	0,04-0,2	0,2-0,4	0,02-0,06	a,k,l,p
Cheval	50-135	20-121	25-87	3-12	8-58		19	0,02-0,15	0,09-0,64	0,02-0,11	b,h,k,l,r
Ane	33-115	32-73	24-75	2-8	10-27		14-50	0,04-0,26	0,1-0,3	0,01-0,03	c,h,k,l
Vache	112-123	59-119	106-163	7-12	58	160-176,8	100-119	0,03-0,1	0,3-0,55	0,01-0,08	a,h,j,k,o,q
Ovin	159-242	124-175	94-162	16-25	30-75	104-205	99-160	0,08-0,1	0,4-0,9	0,03-0,05	a,g,i,j,k,n
Caprin	85-198	79-153	140-242	10-36	28-59	70-180	104-209	0,05-0,1	0,4-0,6	0,02-0,05	a,d,g,i,j,k,n
Buffle	112-220	85-293	92-182	2-39	35-95	144-224	57-75	0,042-0,2	0,15-0,73	0,007-0,04	e,h,j,k,o
Chameau	105-157	58-104	124-179	8-16	36-73	128-185	132	0,07-0,37	0,19-0,6	0,01-0,19	f,h,k,m,p,q
Lama	131-221	92-163	75-179	11-19	19-41		28-144	0,07	0,26-0,71	0,01	h,s
Yack	119-156	77-135	83-107	8-15	21-38			0,04-1,0	0,7-1,1	0,04-0,41	h,t
Renne/cerf	163-320	64-270	80-156	11-22	25-50		68-80	0,065	1,0-1,3		h,u,v,w
AJR (mg/jour)¹											
< 1 an	300-400			26-54				9,3 ³	2,8-4,1 ⁷		x
	210-340	120-275	312-624 ²	50-75	184-368 ²		280-568 ²	6,2 ⁴	2-3	0,4	y
adulte	1000-1300			220-260				13,7-29,4 ³	4,9-7,0 ⁷		x
	900	800	3000-4000	360-420	600-2000		800-3000	9,1-19,6 ⁴	8-11	1,2-1,7	y

valeurs indicatives

¹: apport journalier recommandé ; ²: basé sur 8 kg de masse corporelle ; ³: 10 % de biodisponibilité ; ⁴: 15 % de biodisponibilité ; ⁷: pour un modèle alimentaire dans lequel une biodisponibilité moyenne d'environ 30 % du zinc est supposée

^a: Park *et al.*, 2007; ^b: Csapó *et al.*, 2009, Doreau & Martin-Rosset, 2002; ^c: Fantuz *et al.*, 2012 ; Salimei *et al.*, 2004 ; ^d: Tziboula-Clarke, 2002 ; ^e: Abd El-Salam & El-Shibiny, 2012; ^f: Alhadrami, 2002; ^g: Jandal, 1996; ^h: Medhammar *et al.*, 2012 ; ⁱ: de la Fuente *et al.*, 1997 ; ^j: Mittaine, 1962; ^k: Barłowska *et al.*, 2011 ; ^l: Salimei & Fantuz, 2012; ^m: Attia *et al.*, 2001; ⁿ: Mayer & Fiechter, 2012; ^o: Pandya & Haenlein, 2009; ^p: Shamsia, 2009; ^q: El-Agamy, 2009; ^r: Sheng & Fang, 2009; ^s: Morin *et al.*, 1995a; ^t: Li *et al.*, 2011; ^u: Arman *et al.*, 1974; ^v: Vergara *et al.*, 2003; ^w: Gallego *et al.*, 2006; ^x: WHO/FAO, 2004; ^y: CSS, 2009

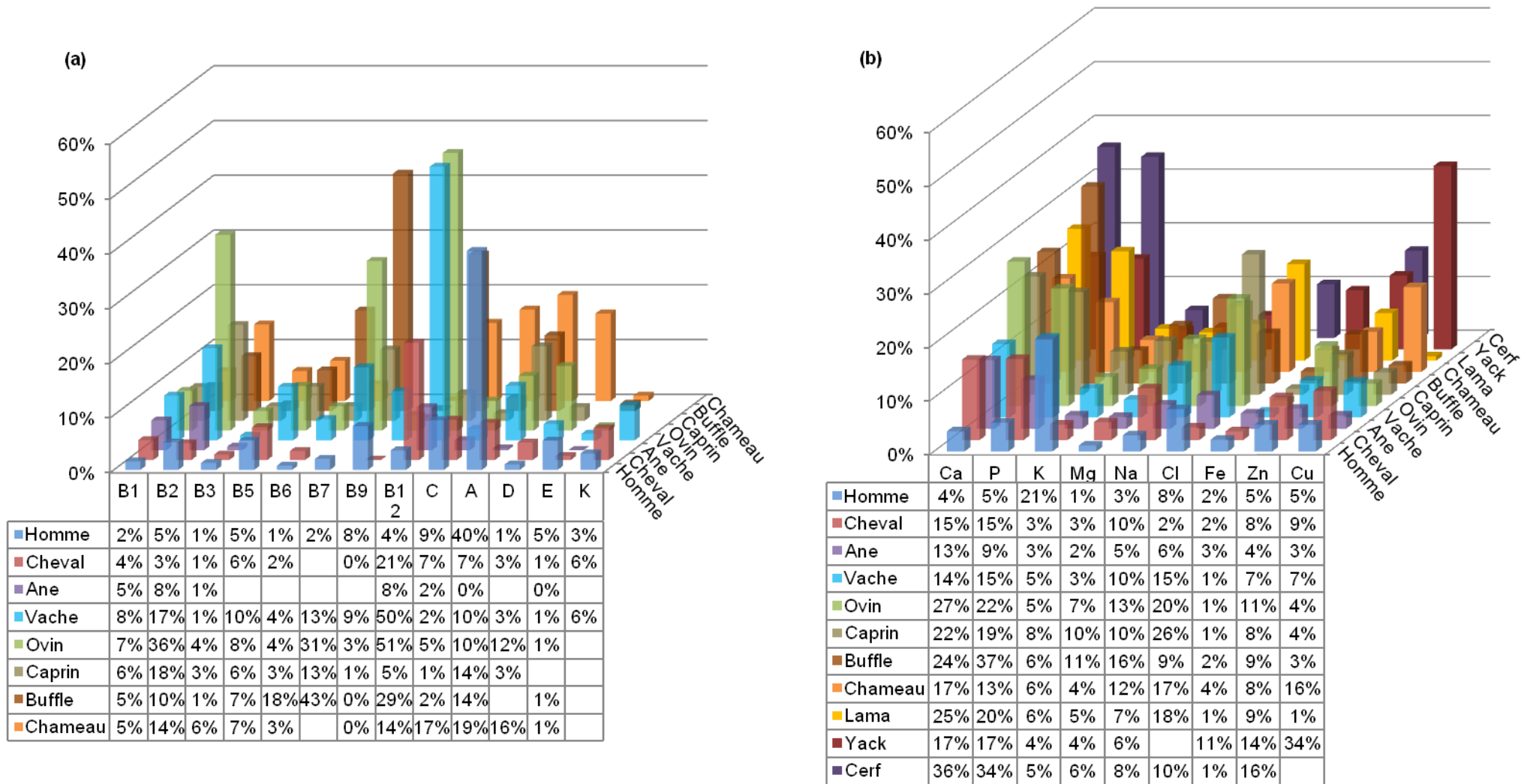


Figure 3. Contribution de l'ingestion de vitamines (a) et de composants organiques (b) via la consommation de 100 ml de lait cru provenant de différentes origines à l'apport journalier recommandé (AJR %)¹ pour les adultes

¹ pourcentage de la teneur rapportée la plus élevée (Tableau 11 & Tableau 12) pour la quantité journalière minimale recommandée (CSS, 2009)

3.4.1.6. Conclusions

Le lait de jument et le lait d'ânesse ont une teneur relativement faible en matières grasses et en protéines, sont riches en lactose et ont un pourcentage élevé en protéines de lactosérum et en acides gras polyinsaturés. Sur base d'une teneur en protéines, en lactose et en minéraux similaire à celle du lait maternel, les laits de jument et d'ânesse sont considérés comme de meilleures alternatives au lait maternel par rapport, par exemple, au lait de vache ou au lait d'autres ruminants (Salimei & Fantuz, 2012; Malacarne *et al.*, 2002). La composition chimique du lait d'ânesse et du lait de jument se rapproche en effet davantage que le lait des ruminants de la composition chimique du lait maternel. Les salinités inférieures du lait de jument et d'ânesse impliquent, en outre, une charge plus faible pour les reins (Uniacke-Lowe, 2011). Hormis les différences signalées concernant les composants spécifiques (par exemple, les oligosaccharides, les ALC ou le cholestérol), le lait de jument et le lait d'ânesse contiennent significativement moins de matières grasses que le lait maternel, alors que cette matière est la source d'énergie principale pour la poussée de croissance des nourrissons au cours de la première année de leur vie. La faible teneur en matières grasses (et la faible valeur calorifique) peut être un argument pour que les adultes boivent ce type de lait. Toutefois, du lait de vache écrémé avec peu ou pas de matières grasses est disponible partout dans le commerce. Par ailleurs, le lait de vache contient en moyenne une plus grande teneur en vitamines et en minéraux que le lait de jument et d'ânesse.

Concernant le lait des ruminants, il convient de noter que le lait de bufflonne et de renne ont une teneur en matières grasses plus élevée et que le lait de renne et de brebis ont, en moyenne, une teneur plus élevée en protéines par rapport aux autres ruminants considérés. Il existe également des différences entre les ruminants en ce qui concerne la teneur en vitamines et minéraux du lait, mais ces différences sont négligeables dans le cadre d'une alimentation équilibrée.

Bien qu'un traitement thermique puisse potentiellement conduire à une réduction de la valeur nutritionnelle du lait, on peut affirmer que les avantages nutritionnels liés à la consommation de lait cru sont généralement maintenus après la pasteurisation et le traitement UHT. L'effet d'un traitement thermique sur l'apport en éléments nutritifs les plus importants du lait est pratiquement négligeable. Les autres nutriments du lait qui sont (partiellement) ou non détruits par la chaleur contribuent moins aux besoins journaliers. Une teneur réduite en ces nutriments est aisément compensée par une alimentation équilibrée. Cela a été largement illustré dans l'avis 15-2011 du Comité scientifique (AFSCA, 2011) pour le lait de vache, et peut en grande partie être extrapolé au lait d'autres espèces animales, même si dans la littérature une sensibilité thermique différente est rapportée en fonction du type de lait pour certains composants du lait, et même si les différents types de lait ont une stabilité thermique différente (ce qui a notamment des implications du point de vue technologique).

3.4.2. Digestibilité et effets prébiotiques

3.4.2.1. *Digestibilité (absorption des nutriments)*

Le lait a une très bonne digestibilité. La coagulation ou le caillage du lait dans l'estomac ralentit la dégradation des protéines et améliore leur absorption par l'organisme. Des différences dans la composition totale en protéines (teneur en caséine et rapport protéine de lactosérum / caséine) et des différences dans la structure micellaire (répartition de la caséine et dimensions de la micelle) déterminent les propriétés rhéologiques de la présure du lait et influencent ainsi l'absorption digestive des nutriments du lait. Un lait plus riche en caséine, comme le lait de vache, formera des présures plus denses et plus dures. En revanche, le lait de jument et d'ânesse, mais également le lait de chamelle et de chèvre, formeront, tout comme le lait maternel, une présure plus douce et plus facile à digérer (et physiologiquement plus appropriée pour l'alimentation des nourrissons) (Barłowska *et al.*, 2011; Uniacke-Lowe, 2011; Uniacke-Lowe *et al.*, 2010; El-Agamy, 2009; Malacarne *et al.*, 2002).

Il existe également des différences au niveau des protéines individuelles. Ainsi, la digestibilité de la β -lactoglobuline n'est pas la même pour les différentes espèces. La β -lactoglobuline du lait de jument serait plus digeste que celle du lait de chèvre (Inglingstad *et al.*, 2010), et la β -lactoglobuline du lait de chèvre et de brebis serait plus digeste que celle du lait de vache (Uniacke-Lowe *et al.*, 2010;

Michaelidou, 2008). L' α -lactalbumine du lait de toutes les espèces animales est relativement difficile à digérer (Inglingstad *et al.*, 2010). Les autres protéines de lactosérum, y compris la lactoferrine et l'albumine sérique sont faciles à digérer, aussi bien dans le lait maternel et le lait de jument, que dans le lait de vache et de chèvre (Inglingstad *et al.*, 2010).

Le diamètre des globules gras joue un rôle dans la digestibilité de la matière grasse du lait (**Tableau 9**). Plus le globule gras est petit, plus efficace est le métabolisme des lipides. Le lait de chamelle aurait en moyenne des globules gras plus petits que le lait de jument, de brebis et de chèvre, qui contiennent en moyenne des globules plus petits que le lait de vache et d'ânesse. Les globules gras du lait de renne et de bufflonne ont un diamètre moyen plus grand que dans les autres types de lait (Salimei & Fantuz, 2012; Barłowska *et al.*, 2011; Park *et al.*, 2007; Jandal, 1996; Mittaine, 1962). Il existe aussi des différences dans la structure des globules gras, ce qui peut jouer un rôle dans la digestibilité. Les globules gras du lait de jument, par exemple, se composent de 3 couches : une couche protéique interne, une membrane de phospholipides intermédiaire et une couche de glycoprotéines externe. La surface des globules gras dans le lait de jument contient, comme dans le lait maternel, des structures oligosaccharidiques ramifiées, ce qui n'est pas le cas dans le lait de vache. Les globules gras du lait de vache sont revêtus d'une couche protectrice de protéines et de phospholipides. Les filaments de glycoprotéine sur la surface des globules gras du lait de jument et du lait maternel peuvent favoriser la digestion en liant des lipases (Malacarne *et al.*, 2002).

Effet d'un traitement thermique sur la digestibilité

Dans le lait maternel, le lait de jument, le lait de vache et le lait de chèvre chauffés (95 °C/1min.), la digestibilité de l' α -lactalbumine s'est avérée avoir augmenté de 12-20 % (Inglingstad *et al.*, 2010). On peut supposer que la pasteurisation et le traitement UHT n'ont généralement aucun effet nocif sur la digestibilité des protéines du lait et de la matière grasse du lait. Le lait de vache serait même plus digeste après le traitement thermique et l'homogénéisation (à cause de globules gras plus petits) (Michalski, 2007; Lacroix *et al.*, 2006; Kaufmann, 1984; Pfeil, 1984).

3.4.2.2. *Effets prébiotiques*

Le lactose qui n'est pas absorbé dans l'intestin grêle possède des propriétés prébiotiques (substrat pour la flore intestinale et augmentation de l'activité intestinale saccharolytique) et est bifidogène (stimule la croissance des bifidobactéries). Lors d'un traitement thermique (UHT / stérilisation), le lactose se transforme, dans une mesure très limitée, en lactulose, qui a également des propriétés prébiotiques (Schaafsma, 2002). En ce qui concerne les bactéries probiotiques, il est fait référence aux points **3.3.1.2** et à **3.3.2**.

3.4.3. Allergies et immunité

3.4.3.1. *Allergie au lait et intolérance au lactose*

L'allergie au lait est associée à une réaction du système immunitaire. La β -lactoglobuline, qui est absente dans le lait maternel, mais présente à des concentrations relativement élevées aussi bien dans le lait de vache, de bufflonne, d'ovins et de caprins que dans le lait de jument et d'ânesse (**Tableau 4**), est responsable de la majorité des allergies au lait. Le lait de chamelle pourrait être un bon substitut au lait maternel parce qu'il ne contient pas de β -lactoglobuline et a des immunoglobulines similaires à celles présentes dans le lait maternel, ce qui réduit les réactions allergiques chez les enfants (Barłowska *et al.*, 2011; Nikkhah, 2011). Cependant, d'autres protéines de lactosérum, comme la α -lactalbumine, l'albumine sérique, la lactoferrine et la caséine, peuvent provoquer des allergies au lait. La caséine du lait de vache est relativement riche en α_{s1} -caséine, qui est suggérée être responsable de l'apparition d'allergies (Potočnik *et al.*, 2011).

Il y a un certain nombre d'études cliniques disponibles qui ont examiné l'utilisation du lait de différentes espèces animales dans le cas d'une allergie au lait de vache et en tant qu'aliment

hypoallergénique pour bébés, comme le lait de chèvre et de brebis, le lait de chamelle, le lait de bufflonne, le lait de jument et d'ânesse (Alessandri & Mari, 2007 ; El-Agamy, 2007 ; Monti *et al.*, 2007 ; Restani *et al.*, 2002). Les résultats concernant les avantages de ces types de lait sont contradictoires. Les personnes présentant une allergie au lait de vache peuvent aussi réagir de manière allergique aux protéines du lait de bufflonne, de chèvre, de brebis, d'ânesse ou de jument par une réaction immunologique croisée¹¹ positive avec leurs homologues dans le lait de vache (Alessandri & Mari, 2007 ; El-Agamy, 2007 ; Restani *et al.*, 2002 ; Uniacke-Lowe *et al.*, 2010). Les protéines du lait de brebis et de chèvre sont plus étroitement liées les unes aux autres qu'à celles du lait de vache, ce qui peut expliquer pourquoi une personne qui est allergique au fromage de chèvre peut présenter une haute réactivité croisée à l'IgE avec des protéines de lait de brebis, mais tolérer du lait de vache et des produits laitiers provenant de la vache. En outre, il faut souligner la grande variabilité génétique des protéines du lait de chèvre, principalement de la α_{s1} -caséine, ce qui résulte en une allergénicité différente au lait de chèvre (et des résultats contradictoires concernant la tolérance au lait de chèvre des personnes allergiques au lait) (EFSA, 2012b). Récemment, l'EFSA a traité une demande d'utilisation de protéines de lait de chèvre en tant que source de protéines pour le lait des nourrissons et le lait de suite (EFSA, 2012b). L'EFSA a conclu que les protéines du lait de chèvre peuvent être utilisées comme source de protéines pour le lait des nourrissons et le lait de suite pour autant que le produit fini réponde aux critères relatifs à la composition de la directive 2006/141/CE¹². Cependant, il n'y a pas de données probantes qui indiquent une plus faible incidence des réactions allergiques aux préparations pour nourrissons à base de lait de chèvre par rapport aux préparations pour nourrissons à base de lait de vache.

En raison de la faible consommation de lait provenant d'autres espèces animales que les vaches, les allergies à ces types de lait sont moins fréquentes. Néanmoins, l'allergie au lait autre que le lait de vache est possible. Ainsi, par exemple, Buscino *et al.* (2000) ont observé une réaction allergique lors de la consommation de lait de jument chez un des 25 enfants testés allergiques au lait de vache. Le lait de brebis, de chèvre et de bufflonne a une plus forte réactivité croisée avec le lait de vache par rapport au lait de jument, d'ânesse et de chamelle, ce qui fait que ces derniers types de lait peuvent être une alternative pour les personnes allergiques au lait de vache (Restani *et al.*, 2002 ; Buscino *et al.*, 2000).

La grande variété de polymorphismes génétiques des différentes caséines et protéines de lactosérum contribue à la complexité de l'allergie au lait, et pour chaque protéine existante, une allergie peut se produire. Des tests individuels sur l'allergie au lait sont donc nécessaires pour avoir une réponse définitive. La suggestion que, par exemple, le lait d'ânesse ou de jument est sans danger pour les enfants allergiques au lait de vache peut comporter un risque sérieux pour les enfants souffrant de graves réactions allergiques IgE-médiées (Alessandri & Mari, 2007).

L'allergie au lait de vache est parfois confondue avec l'intolérance au lactose. Cependant, l'intolérance au lactose est l'incapacité à digérer le lactose à cause d'une déficience de l'enzyme lactase (β -galactosidase).¹³ Le lait de jument et d'ânesse contient près de 1,5 fois plus de lactose que le lait de vache (ou le lait d'autres ruminants) et une quantité similaire à celle du lait maternel (**Tableau 2**). Ce type de lait n'est donc pas un substitut utile au lait maternel ou au lait de vache (ou au lait d'autres ruminants) dans le cas d'intolérance au lactose.

¹¹ Les mêmes allergènes se retrouvent parfois dans divers produits alimentaires, par exemple, lorsque deux protéines alimentaires ont les mêmes séquences d'acides aminés, ou lorsque deux molécules, de par leur conformation tridimensionnelle, ont une capacité similaire à se lier à des anticorps spécifiques. Les anticorps allergiques ne peuvent pas faire la différence entre un allergène présent dans un aliment et le même allergène présent dans un autre aliment. La probabilité que les mêmes allergènes soient présents dans une variété de végétaux ou d'animaux s'accroît à mesure que ces plantes et animaux sont plus étroitement liés les uns aux autres, ce que l'on appelle des relations phylogénétiques.

¹² Directive 2006/141/CE de la Commission du 22 décembre 2006 concernant les préparations pour nourrissons et les préparations de suite et modifiant la directive 1999/21/CE

¹³ L'intolérance au lactose peut être congénitale, mais peut aussi être due à une atrophie des villosités intestinales, comme cela peut arriver en cas de maladie cœliaque et d'allergie au lait avec des symptômes gastro-intestinaux. Dans ce dernier cas, le traitement est possible avec une récurrence de l'activité de la lactase. L'intolérance au lactose peut parfois être une conséquence secondaire d'une gastro-entérite et l'intolérance est de nature passagère.

Effet du traitement thermique sur l'allergie au lait et l'intolérance au lactose

Le traitement thermique peut augmenter l'allergie au lait (formation ou exposition d'épitopes), mais peut également la réduire (destruction ou masquage d'épitopes), en fonction de l'épitope ou du composant du lait causant l'allergie. Concernant l'intolérance au lactose, le lait chauffé contiendra toujours du lactose (AFSCA, 2011).

3.4.3.2. Systèmes antimicrobiens dans le lait

Le lait cru contient plusieurs systèmes, y compris des enzymes (lactoperoxydase, lysozyme, xanthine oxydase) et des protéines (lactoferrine, immunoglobulines (Ig), bactériocines), aux propriétés antimicrobiennes qui inhibent la croissance des bactéries dans le lait cru et/ou contribuent à l'immunité du jeune animal. Le **Tableau 13** donne un aperçu des principaux systèmes antimicrobiens présents dans le lait. Les informations sur ces systèmes dans le lait autre que le lait de vache sont rares.

Le système antimicrobien dans le lait de jument et d'ânesse est principalement déterminé par le lysozyme (tout comme dans le lait maternel) et, dans une moindre mesure, par la lactoferrine (qui est prédominante dans le lait maternel) (**Tableau 3**). La teneur en lysozyme dans le lait de l'espèce équine est l'une des propriétés les plus importantes pour l'utilisation de ce lait dans des produits cosmétiques, où il est réputé pour avoir un effet de lissage sur la peau, et dans des shampoings, où il permettrait de réduire l'inflammation du cuir chevelu (Uniacke-Lowe, 2011).

La teneur en lysozyme et en lactoferrine est relativement faible dans le lait de vache, où le système de défense antimicrobien le plus important est constitué par les immunoglobulines. La littérature mentionne des teneurs en Ig plus élevées dans le lait de chamelle, de lama et de bufflonne que, par exemple, dans le lait de vache, le lait de jument et le lait maternel (**3.4.1.1 & Tableau 4**). Il existe très peu de preuves scientifiques concernant l'hypothèse que les Ig dans le lait cru confèrent une immunité au consommateur. Leur activité / teneur peut varier considérablement et est notamment élevée dans le colostrum (Šarić *et al.*, 2012 ; Zagorska & Ciprovica, 2012 ; Uniacke-Lowe *et al.*, 2010 ; Korhonen, 2009 ; Malacarne *et al.*, 2002). La majorité des études portent sur des anticorps et des autres composants qui ont été purifiés à partir du lait. Ces études montrent que l'efficacité pharmacologique des Ig ingérées dépend du système de délivrance et d'une libération contrôlée des Ig dans le tractus gastro-intestinal (Cross et Gill, 2000 ; Korhonen *et al.*, 2000). Par exemple, Roos *et al.* (1995) ont montré que seulement ~19 % des IgG et IgM ingérées ont conservé leur activité immunologique dans l'iléon des adultes en bonne santé. L'IgA n'a pas été détectée dans l'iléon. Il n'y a pas non plus d'indications scientifiques d'un effet des globules blancs présents dans le lait sur l'immunité des consommateurs (Griffiths, 2010).

Le lait de chèvre et de brebis ont, en moyenne, une activité de lactoperoxydase plus élevée par rapport au lait de vache. L'activité peroxydase du lait de lama représenterait environ un dixième de celle du lait de vache et un seizième de celle du lait de brebis, mais serait toujours un facteur 100 plus élevé que celle du lait maternel (Morin *et al.*, 1995b).

Des propriétés antimicrobiennes et antivirales sont également décrites pour les lipides (par ex. la phosphatidyléthanolamine, la phosphatidylcholine ou la sphingomyéline) et les fragments peptidiques (par ex. la caséine), notamment dans le contexte des aliments pour nourrissons et des prescriptions médicales (Michaelidou, 2008 ; Park *et al.*, 2007 ; German & Dillard, 2006).

Pour pouvoir exercer un effet bénéfique sur la santé, ces composants doivent être présents en quantité suffisante dans le lait. La teneur de la plupart de ces composants est particulièrement élevée dans le colostrum, parce que leur fonction principale est la protection des jeunes. La teneur de certains de ces composants dans le lait peut varier considérablement au sein d'une même espèce, et dépendre de l'état nutritionnel et de l'état du pis, de la saison, etc. Il faut également prendre en compte la biodisponibilité de ces composants et leurs interactions positives ou négatives. Sur base des teneurs en systèmes antimicrobiens dans le lait des différentes espèces animales, c'est surtout le lysozyme du lait de jument et d'ânesse qui semble pertinent. Au vu des tests de digestion *in vitro*, le lysozyme du lait de jument semble être résistant à l'acide et à la protéolyse, et atteindrait ainsi les intestins pratiquement intact (Uniacke-Lowe, 2011; Inglingstad *et al.*, 2010). En outre, les effets

antimicrobiens des différents composants antimicrobiens du lait agissent en synergie avec les effets antimicrobiens du lysozyme (Benkerroum, 2008).

Effet d'un traitement thermique sur des systèmes antimicrobiens

Lors d'un traitement thermique du lait de chamelle, de vache et de bufflonne, le lysozyme s'avère plus thermorésistant que la lactoferrine, qui s'avère plus thermorésistante que les IgG (El-Agamy, 2000). Ces trois facteurs antimicrobiens se sont avérés être plus thermostables dans le lait de chamelle par rapport au lait de bufflonne et de vache (**Tableau 13**). Bien que les données concernant l'effet de la température sur les différents systèmes antimicrobiens dans le lait de différentes origines soient très limitées, en comparant le lait cru au lait chauffé, le suivant peut généralement être affirmé (AFSCA, 2011) :

- concernant les enzymes antimicrobiennes : bien que la plupart des enzymes soient inactivées aux conditions de pasteurisation, leur activité sera également limitée dans le lait cru étant donné que celui-ci se conserve au frais.
- concernant la lactoferrine et les Ig : l'activité/la teneur est surtout élevée dans le colostrum et diminue de façon significative au cours de la lactation ; ces composants ont donc peu d'importance dans le lait cru (de consommation).
- concernant les bactériocines (par ex. la nisine) : celles-ci peuvent être produites par des micro-organismes dans le lait (*Lactococcus*, *Lactobacillus*) et bon nombre d'entre elles résistent à des températures de 60-100 °C pendant plus de 30 min (Tambekhar & Bhutada, 2010).

Tableau 13. Composants / systèmes antimicrobiens du lait

Composant du lait	Propriétés antimicrobiennes	Remarque	Effet du traitement thermique	Réf.
Lactoferrine (Lf)	<ul style="list-style-type: none"> - Protéine liant le fer (bactériostatique) + perméabilisation de la paroi cellulaire bactérienne - Inhibiteur d'infection virale - Stimulation microflore intestinale bénigne - Action synergique avec le Lyz - Lait maternel / de vache : protéolyse à lactoferricine = bactéricide 	<ul style="list-style-type: none"> - La teneur en Lf est surtout élevée dans le colostrum - Moyenne : teneur en Lf du lait maternel > lait de jument > lait de chamelle/bufflonne (> lait de lama) ≥ lait de vache (0,1 g / kg) > lait d'ânesse ; grande variation dans le lait de bufflonne et de chamelle (Tableau 4) - Capacité de liaison au fer de la Lf du lait de jument ≈ lait maternel > lait de vache 	<ul style="list-style-type: none"> - Lait maternel : 56° C/15min = 91 % ; 62,5 °C/5 min = 59 % ; 62,5 °C/30 min = 27 % activité Lf - Lait de vache : pasteurisation : mêmes caractéristiques que dans le lait cru - Lait de jument : stabilité comparable à celle de la Lf du lait de vache - 100 % d'inactivation dans le lait de vache, de bufflonne et de chamelle à 85 °C / 30 min 	a,b, c, f,m, p
Lysozyme (Lyz) (CE 3.1.2.17)	En combinaison avec Lf bactéricide	<ul style="list-style-type: none"> - moyenne : teneur en Lyz du lait de jument et d'ânesse > lait maternel >> lait de bufflonne et de vache > lait de chèvre et de brebis ; grandes variations dans le lait de chamelle (Tableau 3) - Le Lyz de lait de jument est très résistant à l'acide et à la protéolyse et peut donc atteindre le tractus intestinal en restant relativement intact 	<ul style="list-style-type: none"> - Lait maternel : 56° C/15min = 106 % ; 62,5 °C/5 min = 96 % ; 62,5 °C/30 min = 67 % activité Lyz - lait de jument : plus stable que le Lyz du lait maternel à 62 °C / 30 min, mais inactivation similaire à 71 °C / 2 min ou 82 °C / 15 s - Lait de vache : 65-75 °C / 30 min = pas d'effet significatif ; 80 °C / 15 s => 75 % ; 85 °C / 30 min = ~26 % activité Lyz - Lait de bufflonne : 65-75 °C/30 min = aucun effet significatif ; 85 °C/30 min = ~18 % - Lait de chamelle : 65-75 °C/30 min = aucun effet significatif ; 85 °C/30 min = ~44 % 	a,b, c,d, e,f, m,o, p
Immunoglobulines IgG, IgA, IgM	Immunité contre les agents pathogènes ; peut créer une certaine immunité lactogène dans l'intestin ^(a)	<ul style="list-style-type: none"> - principalement dans le colostrum - la proportion relative des types d'Ig dans le lait est très différente entre les espèces (Tableau 4) et peut varier entre le colostrum et le stade ultérieur de lactation 	<ul style="list-style-type: none"> - IgA lait maternel : 56° C/15min = 90 % ; 62,5 °C/5 min = 77 % ; 62,5 °C/30 min = 67 % - Lait de vache : pas de perte d'activité à 62,7 °C / 30 min ; 59-76 % d'activité après la pasteurisation HTST - Lait de bufflonne : dénaturation incomplète des IgG et IgM à 88 °C / 15 min ; IgA complètement dénaturée à 63-88 °C - 100 % d'inactivation des IgG dans le lait de vache et de bufflonne et 68,7 % dans le lait de chamelle à 75 °C / 30 min 	a,b, h,m, n,p,r

Lactoperoxydase (lacténine) (LPO) (CE 1.11.1.7)	Bactériostatique ; l'activité antimicrobienne nécessite la présence de peroxyde d'hydrogène (produit par des bactéries) et de thiocyanate (endogène). Bien que les deux composants soient normalement présents dans le lait, un ajout est nécessaire	- Activité LPO : lait de chamelle < vache < brebis < chèvre	- Indicateur pour le traitement HTST du lait de vache - LPO lait de brebis et de chèvre plus thermostable que LPO lait de vache	a,g
Xanthine oxydoréductase (XOR) (EC 1.13.22 ; 1.1.1.204)	Contribue à l'activation de la LPO par H ₂ O ₂ ; activité antibactérienne dans l'intestin humain, probablement via la production de peroxyde nitrite (ONOO ⁻) ⁽ⁱ⁾	XO lait de vache > lait d'autres espèces animales (où la XO est en grande partie inactive)	Lait de vache : maintien de l'activité après 73 °C/7 min ou 80 °C/50 s	i
Fragments de protéines / peptides	(Certains ont une activité antimicrobienne comme protéine native, d'autres sont latents jusqu'à la libération protéolytique)	Démontrés dans le lait de vache, de brebis et de chèvre, mais aussi dans d'autres types de lait	Très probablement aucun effet	h
Bactériocines	Peptides antimicrobiens produits par des bactéries lactiques qui peuvent être présentes dans le lait (<i>Lactococcus</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Enterococcus</i>)	Plusieurs bactéries lactiques produisent des bactériocines, mais il est peu probable que leur nombre soit suffisamment élevé dans le lait, car ces bactéries ne se multiplient pas dans le lait réfrigéré	Relativement thermostable; maintien de l'activité après la pasteurisation	j
Nisine	La nisine fait partie des « antibiotiques », une classe de bactériocines	Le lait cru de vache contient une teneur négligeable en nisine	Haute tolérance à la température (120 °C /10 min en solution)	
Oligosaccharides	Peuvent se lier compétitivement à des agents pathogènes et donc éviter l'adhésion des agents pathogènes à l'épithélium intestinal ^(k)	La teneur dans le lait de vache est faible par rapport au lait maternel. Le colostrum contient les teneurs les plus élevées avec une diminution jusqu'au niveau de traces en post-partum.	thermostable	k
Fragments de lipides*, phosphatidyléthanolamine, phosphatidylcholine, sphingomyéline	Surtout contre les bactéries Gram positives *(Les acides gras ayant des longueurs de chaîne comprises entre 8 et 12 C semblent avoir une activité antivirale et antibactérienne plus importante que les monoglycérides à longue chaîne) ^(l)	Certains acides gras peuvent nécessiter une hydrolyse pour pouvoir exercer un effet antimicrobien	thermostable	l,q

^a: Griffiths, 2010 ; ^b: Uniacke-Lowe *et al.*, 2010; ^c: Šarić *et al.*, 2012; ^d: Uniacke-Lowe, 2011; ^e: Tziboula-Clarke, 2002 ; ^f: Abd El-Salam & El-Shibiny, 2011; ^g: Lorenzen *et al.*, 2010; ^h: Park *et al.*, 2007; ⁱ: Fox & Kelly, 2006 ; ^j: Tambekhar & Bhutada, 2010; ^k: Martín *et al.*, 2002; ^l: German & Dillard, 2006; ^m: El-Agamy, 2000; ⁿ: Pandya & Haemlein, 2009; ^o: Benkerroum, 2008; ^p: Wills *et al.*, 1982; ^q: Michaelidou, 2008; ^r: Korhonen *et al.*, 2000

4. Conclusions

La plus grande part de la production mondiale de lait provient de la vache. D'autres espèces animales exploitées à des fins de production laitière ont une importance essentiellement régionale et, dans certaines régions du monde, le lait obtenu à partir de ces autres espèces animales est une source précieuse de nutriments.

Dans cet avis, les risques et bénéfices de la consommation de lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches (p. ex. juments, ânesses, brebis, chèvres etc.) ainsi que les effets d'un traitement thermique sur ces risques et bénéfices ont été évalués qualitativement sur la base de données bibliographiques et d'avis d'experts.

La consommation de lait cru est dangereuse pour la santé publique. En effet, celui-ci peut être contaminé par des micro-organismes pathogènes pour l'homme. Ces micro-organismes peuvent provenir des animaux (et même des animaux cliniquement sains) ou d'une contamination à partir de l'environnement lors de la collecte ou de la conservation du lait.

En Belgique, on estime que le lait cru de chèvre et de brebis sont le plus dangereux pour le consommateur. Pour ces types de lait, les principaux dangers microbiologiques sont les *E. coli* pathogènes pour l'homme et *Campylobacter* spp. Les lait cru de jument et d'ânesse comportent, au contraire, le moins de risque d'infection à ces micro-organismes, en raison de leur bonne qualité microbiologique. Ainsi, plusieurs micro-organismes pathogènes détectés dans le lait cru de chèvre et de brebis n'apparaissent pas dans le lait cru de jument et d'ânesse. Toutefois, ces derniers sont susceptibles de transmettre certaines espèces de *Streptococcus*, qui sont potentiellement pathogènes pour l'homme.

En ce qui concerne les pays étrangers, il existe certains risques supplémentaires liés à la consommation de lait cru provenant d'espèces animales autres que les vaches. Le virus de l'encéphalite à tiques (TBEV) dans le lait cru de chèvre comporte un risque élevé en Europe de l'Est et *Brucella* spp. dans le lait cru de chamelle comporte un risque élevé en Asie.

Par conséquent, le Comité scientifique recommande la prudence par rapport à la consommation de tous les types de lait cru pour la population en général et en particulier pour le groupe YOPI, ainsi que pour les personnes qui voyagent à l'étranger et qui y consomment du lait cru. Il est conseillé de chauffer le lait cru (p.ex., en lui faisant atteindre brièvement sa température d'ébullition) avant de le consommer. Les laits crus de jument et d'ânesse ont une bonne qualité microbiologique, mais les informations dont on dispose actuellement ne permettent pas de conclure à un risque entièrement négligeable associé à la consommation de tels laits crus. Un traitement thermique de tels laits crus comme p.ex. une pasteurisation permet de réduire fortement les risques. Le traitement thermique constitue la manière la plus efficace de renforcer la sécurité microbiologique du lait. Cependant, la pasteurisation ne permet pas en soi d'éliminer l'ensemble des micro-organismes pathogènes et des toxines. Le lait pasteurisé peut constituer un risque par la présence éventuelle des entérotoxines thermostables de *Staphylococcus aureus*, des *Bacillus cereus* (par la production de céreulide) et potentiellement aussi par la présence de MAP (*Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*). Une stérilisation et un traitement UHT, par contre, peuvent atteindre cette sécurité (avec l'exception de quelques toxines et spores thermostables). On obtient alors un produit commercialement stérile. Conditionner du lait UHT dans une zone 'high care' est néanmoins nécessaire pour éviter une post-contamination. Comme le nombre de probiotiques dans le lait cru est trop faible pour avoir des effets bénéfiques sur la santé, un traitement thermique (qui inactivera ces bactéries) n'aura pas de conséquence sur la santé publique.

Le **Tableau 14** donne un bref aperçu des aspects (bio)chimiques et nutritionnels abordés dans cette étude, et indique notamment les différences dans la composition du lait de différentes espèces animales. Une évaluation fondée des effets soit-disant bénéfiques ou thérapeutiques associés à la consommation d'un certain type de lait nécessite non seulement une confirmation de ces effets (les études épidémiologiques suffisamment vastes qui analysent les effets du lait cru sur la santé sont pratiquement inexistantes), mais aussi une discussion sur le composant du lait qui peut être responsable d'un tel effet (et ce pour différents types de lait), et sur l'interaction de ce composant avec les autres composants du lait (et ce également pour les différents types de lait). S'il existe un effet sur

la santé, cet effet sera plus que probablement le résultat de la composition complexe du lait et non d'un composant du lait à lui seul. En outre, la consommation de lait (cru) doit être envisagée par rapport au régime alimentaire complet.

Bien que le lait de tous les mammifères contienne les mêmes ingrédients principaux, d'après une étude approfondie de la littérature, il apparaît nettement qu'il existe une grande variation dans la composition du lait, non seulement entre les ruminants et les non-ruminants (ou animaux monogastriques), mais aussi entre les différentes espèces animales du même « groupe », entre les différentes races au sein de la même espèce animale, et entre les individus. De façon très générale, on peut dire que le lait de ruminants contient une plus forte teneur en protéines (« lait à caséines »), en lipides (en valeurs absolues et en %, moins d'acides gras polyinsaturés (AGPI) et plus d'acides gras saturés et mono-insaturés (AGMI)) et en minéraux par rapport au lait des non-ruminants (« lait à albumines »). De même, la teneur pour la plupart des vitamines est plus élevée dans le lait de ruminants (une exception est, par exemple, la teneur plus élevée en vitamine C du lait de jument). Le lait de ruminants est, au contraire, moins riche en lactose. Toutefois, la composition du lait est, aussi bien quantitativement que qualitativement, affectée par divers facteurs génétiques, physiologiques et nutritionnels. En outre, il existe des différences non seulement dans les proportions relatives des composants du lait, mais aussi au niveau moléculaire (forme monomère ou dimère, séquence d'acides aminés). La variation dans la composition du lait entre chaque animal de la même espèce s'amenuise en fonction de l'échelle de commercialisation (cf. lait de vache où de nombreux lots sont collectés et mélangés). Néanmoins, il peut être supposé que les différences nutritionnelles entre le lait de vache et le lait d'autres espèces animales s'estompent dans le cadre d'une alimentation équilibrée.

Dans la mesure du possible, l'effet d'un traitement thermique (notamment la pasteurisation) sur les composants du lait de différentes espèces animales a été abordé. Malgré l'écart possible de la composition et de la stabilité thermique de certains composants entre les types de lait observés, les principales conclusions de l'avis 15-2011 du Comité scientifique (AFSCA, 2011), qui aborde l'effet du traitement thermique sur les risques et les bénéfices de la consommation de lait cru de vache, peuvent être extrapolées au lait provenant d'autres espèces animales (**Tableau 14**).

Le lait constitue une source importante de calcium, de phosphore, de protéines, d'acides aminés essentiels (en particulier la lysine) et de certaines vitamines (par exemple, B₂ et B₁₂ dans le cas du lait de vache). L'effet d'un traitement thermique sur l'apport de ces nutriments est quasiment négligeable. Les autres nutriments présents dans le lait qui sont ou non (partiellement ou totalement) détruits en conditions de pasteurisation contribuent moins aux besoins journaliers. Une teneur réduite en ces nutriments est simplement compensée par une alimentation équilibrée. Les arguments selon lesquels le traitement thermique du lait cru de vache est associé, probablement à tort, à une moins bonne digestibilité du lait, à une inactivation des enzymes utiles, à une réduction de lactose avec formation de lactulose et à un risque accru de divers troubles, ont été réfutés et/ou très nuancés dans l'avis 15-2011. Le principal effet négatif de nature biochimique d'un traitement thermique est la modification du profil organoleptique du lait, même s'il s'agit plutôt d'une question de perception individuelle (goût).

Finalement, il est indiqué :

- d'être prudent quant à la consommation de lait cru provenant de toutes les espèces animales en raison de la présence éventuelle de risques microbiologiques. Il est recommandé à la population et notamment aux personnes vulnérables de chauffer brièvement jusqu'à température d'ébullition (minimum 75°C) le lait cru avant de le consommer ;
- que le lait de jument, le lait d'ânesse, le lait de chèvre ou le lait d'autres espèces animales ne soient pas une véritable alternative au lait maternel, malgré le fait qu'il puisse y avoir quelques similitudes avec la composition du lait humain. Aux enfants de moins de 1 an, il est recommandé de donner soit du lait maternel soit du lait commercial de substitution (qui est soumis à des dispositions légales et à des contrôles) ;
- que pour les personnes allergiques au lait, la consommation d'un autre type de lait peut être une alternative, mais étant donné la complexité du problème (réaction croisée, différents épitopes allergènes, polymorphisme, par ex. des protéines du lait de chèvre, etc.), des tests individuels (par ex. un test de provocation) sont nécessaires pour se prononcer ;
- que le lait, de vache ou d'autres espèces, correspond à un régime alimentaire classique recommandé, et peut éventuellement être considéré comme un élément nutritif bénéfique dans le cadre de certains troubles ou maladies, mais pas comme médication. Des études scientifiques

démontrant que le lait en général ou le lait d'espèces animales spécifiques peut guérir des maladies font en effet à ce jour encore défaut.

Tableau 14. Bref aperçu de la composition du lait de différentes espèces animales et effet de la chaleur (pasteurisation) sur les différents composants du lait

	Comparaison des laits de différentes espèces animales	Activité biologique potentielle (*)	Effet du traitement thermique
Protéines	<ul style="list-style-type: none"> • [protéines] dans le lait de ruminants (« lait à caséines ») > lait de non-ruminants (« lait à albumines ») > lait maternel • ≠ dans la forme moléculaire, la séquence d'acides aminés entre toutes les espèces animales (polymorphisme) 	Importance pour la croissance et l'énergie, source de peptides biologiques actifs, ...	→ vraisemblablement surtout un effet sur les propriétés fonctionnelles plutôt que sur les propriétés nutritionnelles ou la digestibilité Dérroulement, dénaturation, formation de complexes avec des micelles de caséine (β -lactoglobuline - κ -caséine), augmentation de l'azote non protéique
<i>Caséine</i>	<p>[caséine] du lait de ruminants > lait de non-ruminants > lait maternel</p> <ul style="list-style-type: none"> • ≠ dans des proportions relatives de fractions de caséine entre toutes les espèces animales • α_s-caséine : peut être absente du lait de chèvre 	Vecteur d'ions (Ca, PO ₄ , Fe, Zn, Cu) ; précurseur de peptides bioactifs (par ex. casomorphines, casokinines...) avec un potentiel immunomodulateur, anticarcinogène, antimicrobien, probiotique	Relativement thermostable (coagulation > 120 °C)
<i>Protéines de lactosérum</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de différences marquées au total [protéines de lactosérum] entre les ≠ espèces animales • β-lactoglobuline (β-lg) : absente dans le lait maternel et non détectée dans le lait de chamelle et de lama 	<ul style="list-style-type: none"> • β-lg : vecteur de vitamine, antioxydant potentiel, précurseur de peptides bioactifs, liaison d'acides gras • α-lactalbumine : vecteur de Ca²⁺, immunomodulateur, précurseur de peptides bioactifs (par ex. la lactorphine), potentiellement anticancéreux 	<ul style="list-style-type: none"> • Dénaturation > 70 °C ; formation de complexes avec des micelles de caséine • Stabilité thermique des protéines de lactosérum : lait de vache > de bufflonne < de chamelle (β-lg : lait de brebis < lait de chèvre / lait de vache < lait de jument)
<i>Enzymes</i>	<ul style="list-style-type: none"> • phosphatase alcaline (PAL) : lait de brebis > lait de vache > lait de chèvre >> lait de jument • xanthine oxydase (XO) : lait de vache > lait d'autres espèces animales • lipase : lait de jument, de bufflonne, de vache > lait de chèvre / lait maternel • plasmine : lait de jument > lait de vache • Lysozyme (Lyz) : lait de vache << lait de non-ruminants • Lactoperoxydase (Lpo) 	<p>La fonction biologique de nombreuses enzymes n'est pas connue</p> <ul style="list-style-type: none"> • PAL : indicateur de pasteurisation du lait de vache • Lipase, plasmine : technologiquement important • Lyz, Lpo : antimicrobien 	<ul style="list-style-type: none"> • PAL : inactivation par pasteurisation (PAL juments est moins thermostable) • Lyz : thermostabilité lait d'ânesse > lait de jument > lait maternel > lait de vache • Plasmine : augmentation de l'activité lors de la pasteurisation - partiellement active après UHT
<i>Immunoglobulines (Igs)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • principalement élevées dans le colostrum • rapport relatif IgG - A - M ≠ entre toutes les espèces animales • [Ig] relativement élevée dans le lait bufflonne, de chamelle et de lama ; > lait de jument, lait d'ânesse, lait maternel > lait de vache 	Soutien du système immunitaire, précurseurs potentiels de peptides bioactifs	<ul style="list-style-type: none"> • inactivation IgG : lait de bufflonne et de vache > lait de chamelle
<i>Facteurs de</i>	• donnés principalement pour le lait maternel et le lait de vache	fonctions biologiques liées à la	• ne sont pas / sont en partie

<i>croissance (GF)</i>	(fragmentaires pour les autres espèces animales) • colostrum > lactation tardive	croissance et au développement	dénaturés, voire activés en conditions de pasteurisation (lait de vache) • dénaturation / inactivation complète en cas d'UHT / stérilisation (lait de vache)
<i>Fraction NPN</i>	• Lait de vache > lait de chèvre, de jument, d'ânesse, lait maternel > lait de chamelle > lait de lama • Contient des nucléotides et des polyamines : grande variation quantitative entre les espèces et les races	Nucléotides et polyamines : précurseurs de l'ADN et de l'ARN, synthèse des protéines, contrôle de la croissance des cellules, hormones de régulation, facteurs de croissance et expression des gènes	• Nucléotides : hydrolyse du groupe phosphate
<i>Acides aminés (AA)</i>	• [AA] : ruminants > non-ruminants (c.-à-d. lié à ≠ [protéine]) • [AA libre] : ruminants < non-ruminants • les protéines de lait d'ânesse ne contiendraient pas de tryptophane (lait d'ovins, de bufflonnes, de chamelles, de lamas = ?) • le lait de toutes les espèces animales est globalement conforme aux besoins essentiels en AA	Protéines structurales, muscles et autres tissus	
Lipides	[matière grasse] ruminants (avec renne / cerf >> autres ruminants) > lait maternel > non-ruminants • [triglycérides] : lait de vache, de brebis, de chèvre, lait maternel > lait de jument et d'ânesse • [acides gras libres], [phospholipides] : graisse du lait de jument et d'ânesse > du lait de vache, de brebis, de chèvre et du lait maternel • [acides gras mono-insaturés] : lait maternel > lait de ruminants > lait d'ânesse et de jument • [acides gras polyinsaturés] : lait maternel > lait d'ânesse et de jument > lait de ruminants • [acides gras saturés] : lait de ruminants > lait maternel > lait d'ânesse et de jument • [cholestérol] : lait maternel > ruminants > non-ruminants	Importante source d'énergie, transport de vitamines liposolubles et d'acides gras essentiels (acide linoléique / acide linoléique : précurseurs acides gras n-3 et n-6 ; acide linoléique conjugué : potentiellement anticancéreux)	→ pas d'effet marqué sur les propriétés nutritionnelles ou la digestibilité (changements possibles dans les composants de la membrane des globules gras, ce qui peut avoir un effet sur l'agglomération des globules gras)
Sucres	• Lactose : Teneur ruminants < non-ruminants ≈ lait maternel • [oligosaccharides] : lait maternel >> animaux observés ([acide sialique] : lait maternel >> lait de vache > de jument)	probiotiques, antimicrobiens (oligosaccharides) (acide sialique : développement de la flore intestinale, possiblement aussi glycosylation des gangliosides du système nerveux)	→ pas d'effet néfaste sur les propriétés nutritionnelles Lactose : Isomérisation limitée en lactulose / réaction de Maillard ([acide sialique] ↑ par libération)
Vitamines	[Vitamine], à l'exception de la niacine, de l'acide folique et des vitamines B ₁₂ , A, C en E : lait maternel < autres types de lait avec [vitamines] globales ruminants > non-ruminants • [Vitamine C] : teneur élevée dans le lait de jument > lait de chamelle	≠ fonctions biologiques pour ≠ vitamines	→ pas d'effet néfaste sur les propriétés nutritionnelles (entre autres parce que la teneur en la plupart des vitamines est trop

	<ul style="list-style-type: none"> [Vitamine A] : lait de brebis, de chèvre, de bufflonne > lait de vache 		faible dans le lait cru pour répondre aux besoins nutritionnels)
Minéraux	<p>Teneur ruminants > non-ruminants > lait maternel</p> <ul style="list-style-type: none"> [calcium, Ca], [phosphore, P] : ruminants (lait de brebis, de chèvre, de bufflonne, de renne / cerf > lait de vache) > non-ruminants > lait maternel Ca/P : lait de vache < lait de jument / d'ânesse < lait maternel 	Ca & P : croissance, développement des os	→ pas d'effet néfaste sur les propriétés nutritionnelles Variation de l'équilibre salin (diminution de la proportion des ions de Ca et de Mg par précipitation sous forme de phosphates) ; processus partiellement réversible
<i>Digestibilité</i>	<p>en général : lait à albumines et lait maternel > lait à caséines, mais dépend entre autres :</p> <ul style="list-style-type: none"> des micelles de caséine : lait maternel < lait des espèces animales considérées des globules gras : lait de bufflonne et d'ânesse > lait maternel > lait de vache > lait de jument, de brebis, de chèvre et de chamelle 		→ plutôt une amélioration de la digestibilité
<i>Allergie au lait</i>	dépend de la protéine / épitope à laquelle la personne est allergique (le lait d'une autre espèce animale <i>peut</i> constituer une alternative, mais cela devrait être testé au préalable)		→ ni + ni – d'effet (neutre) (aussi bien libération / formation que masquage / destruction d'épitopes)
<i>Intolérance au lactose</i>	Tous les types de lait contiennent du lactose		→ ni + ni – d'effet (neutre) (le lactose n'est pas complètement éliminé)
<i>Systèmes antimicrobiens</i>	<p>Teneur / activité principalement élevée dans le colostrum avec forte baisse au cours de la lactation ;</p> <p>Compte tenu de leur concentration relativement élevée, les composants suivants pourraient être pertinents :</p> <ul style="list-style-type: none"> lysozyme (lait de jument et d'ânesse) Ig (lait de bufflonne, de chamelle et de lama) 		→ peu pertinent (activité / concentration généralement faible dans le lait cru ; enzymes : inactifs durant le stockage à température fraîche du lait cru ; ...)

(*) non exhaustive

Pour le Comité scientifique,
Le Président,

Prof. Em. Dr. Pharm. C. Van Peteghem (Sé.)
Bruxelles, le 15/04/2013

5. Références

- Abd El-Salam, M. H., El-Shibiny, S. 2011. A comprehensive review on the composition and properties of buffalo milk. *Dairy Science & Technology* 91, 663-699.
- Abdurahman, O.A., Agab, H., Abbas, B., Aström, G. 1995. Relations between udder infection and somatic cells in camel (*camelus dromedarius*) milk. *Acta Veterinaria Scandinavia* 36(4), 423-431.
- Abou-Eleinin, A.A., Ryser, E.T., Donnelly, C.W. 2000. Incidence and seasonal variation of *Listeria* species in bulk tank goat's milk. *Journal of Food Protection* 63(9), 1208-1213.
- AFSCA. 2013. La tuberculose bovine. La situation en Belgique. <http://www.favv-afsc.fgov.be/santeanimale/tuberculose/>
- AFSCA. 2013. Avis 04-2013 du 18 janvier 2013 du Comité scientifique. Evaluation des scores attribués à la gravité des effets néfastes des dangers dans le cadre de la programmation des contrôles officiels (dossier SciCom 2012/26). http://www.favv-afsc.fgov.be/comitescientifique/avis/_documents/AVIS04-2013_FR_DOSSIER2012-26.pdf
- AFSCA. 2012. Brucellose. La situation en Belgique. <http://www.favv-afsc.fgov.be/santeanimale/brucellose/>
- AFSCA. 2011. Avis 15-2011 du 27 octobre 2011 du Comité scientifique. Evaluation des risques et bénéfices de la consommation de lait cru de bovins, et de l'effet du traitement thermique du lait cru sur ces risques et bénéfices (dossier Sci Com 2010/25, auto-saisine). http://www.favv-afsc.fgov.be/comitescientifique/avis/_documents/AVIS15-2011_FR_DOSSIER2010-25.pdf
- AFSCA. 2010a. Conseil urgent 01-2010 du 15 janvier 2010 du Comité scientifique. Recommandations relatives à la fièvre Q chez les petits ruminants en Belgique (dossier Sci Com 2009/37). http://www.favv-afsc.fgov.be/comitescientifique/avis/_documents/Conseilurgent_01-2010_FR_DOSSIER2009-37_v21-01.pdf
- AFSCA. 2010b. Avis 13-2010 du 19 mars 2010 du Comité scientifique. Programme d'analyses de l'AFSCA : Réévaluation des valeurs attribuées aux dangers en matière de sécurité alimentaire, de production animale et de production végétale (dossier SciCom 2009/36A – partim microbiologie). http://www.favv-afsc.fgov.be/comitescientifique/avis/_documents/AVIS13-2010_FR_DOSSIER2009-36A.pdf
- AFSCA. 2010c. Avis 24-2010 du 18 juin 2010 du Comité scientifique. Evaluation d'un programme de surveillance, de prévention et de lutte contre *Coxiella burnetii* chez les petits ruminants (dossier Sci Com 2010/11). http://www.favv-afsc.fgov.be/comitescientifique/avis/_documents/AVIS24-2010_FR_DOSSIER2010-11.pdf
- AFSCA. 2010d. Avis 25-2010 du 18 juin 2010 du Comité scientifique. Surveillance, prévention et lutte contre *Coxiella burnetii* dans les exploitations bovines (dossier Sci Com 2010/12). http://www.favv-afsc.fgov.be/comitescientifique/avis/_documents/AVIS25-2010_FR_DOSSIER2010-12.pdf
- AFSCA. 2008. Avis 22-2008 du 13 juin 2008 du Comité scientifique. Classement des zoonoses transmises par les denrées alimentaires (dossier Sci Com auto-saisine 2005/54). http://www.favv-afsc.fgov.be/comitescientifique/avis/_documents/AVIS22-2008_FR_DOSSIER2005-54.pdf
- AFSCA. 2005. Avis 40-2005 du 9 septembre 2005 du Comité scientifique. Evaluation des valeurs attribuées à la gravité des effets néfastes liés à la présence de dangers relatifs à la sécurité alimentaire et/ou à la production animale et végétale (dossier Sci Com 2005/24). http://www.favv-afsc.fgov.be/home/com-sci/doc/avis05/AVIS_40-2005_FR_DOSSIER_2005-24.pdf
- AFSCA. 2001. Avis 2001-38 – La problématique du taux de cellules somatiques. http://www.favv-afsc.fgov.be/home/com-sci/avis01_fr.asp
- AFSCA, ISP, CERVA. 2011. Trends and sources 2010-2011 report on zoonotic agents in Belgium. http://www.afsc.fgov.be/publicationsthematiques/_documents/2012-12-06_TS_2010_2011_S.pdf
- Agostini, C., Carratù, B., Boniglia, C., Riva, E., Sanzini, E. 2000. Free amino acid content in standard infant formulas: comparison with human milk. *Journal of the American College of Nutrition* 19, 434-438.
- Al-Ayed, M.S., Bin-Hussain, I.Z., Al Hajjar, S., Al Nassar, S. 2011. Soft tissue mass of the chest wall as the sole manifestation of brucellosis in a 7-year-old boy. *Annals of Saudi Medicine* 31(3), 311-313.
- al-Eissa, Y.A., Kambal, A.M., al-Nasser, M.N., al-Habib, S.A., al-Fawaz, I.M., al-Zamil, F.A. 1990. Childhood brucellosis: a study of 102 cases. *The Pediatric Infectious Disease Journal* 9(2), 74-79.
- Alexopoulos, A., Tzatzimakis, G., Bezirtzoglou, E., Plessas, S., Stavropoulou, E., Sinapsis, E., Abas, Z. 2011. Microbiological quality and related factors of sheep milk produced in farms of NE Greece. *Anaerobe* 17, 276-279.

- Alhadrami, G.A. 2002. Dairy Animals: Camel. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences*¹⁴, pp. 616-622.
- Allerberger, F., Wagner, M., Schweiger, P., Rammer, H.-P., Resch, A., Dierick, M.P., Friedrich, A.W., Karch, H. 2001. *Escherichia coli* O157 infections unpasteurised milk. *Eurosurveillance* 6 (10). <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=379>
- Alessandri, C., Mari, A. 2007. Letter to the editor: Efficacy of donkey's milk in treating cow's milk allergic children: major concerns. *Pediatric Allergy and Immunology* 18, 625-626.
- Almér, L.O. 1985. A case of brucellosis complicated by endocarditis and disseminated intravascular coagulation. *Acta Medica Scandinavica* 217(1), 139-140.
- Al-Tofaily, Y.I.Kh., Al rodhan, M.A.N. 2011. Study of Clinical Mastitis (Bacteriological) in She-Camels (*Camelus dromedarius*) in Some Areas of Middle Euphrates in Iraq. *Journal of Veterinary Medical Science* 10(2), 66-76.
- Anderson, R.R. 1991. Comparison of minerals in milk of four species. *Comparative Biochemistry and Physiology* 100(4), 1045-1048.
- Anifantakis, E.M. 1993. Bacteriological quality of raw goat's milk in Greece. *Lait* 73, 465-472.
- Anses – Agence nationale de sécurité sanitaire (Frankrijk). 2012. Etude des liens entre facteurs de croissance, consommation de lait et de produits laitiers et cancers. Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective. Avril 2012. Maisons-Alfort, France. <http://www.anses.fr/Documents/NUT2009sa0261Ra.pdf>
- Anses – Agence nationale de sécurité sanitaire (Frankrijk). 2008. Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments sur un projet d'arrêt relative aux conditions de production et de mise sur le marché de lait cru et de la crème crue de bufflonnes, de petits ruminants et de solipèdes domestiques destinés à la consommation humaine. [http://www.gds07.asso.fr/web/gds.nsf/0/d413f44dbddd9ed5c1256b84003686c2/\\$FILE/Anses%2020100713.pdf](http://www.gds07.asso.fr/web/gds.nsf/0/d413f44dbddd9ed5c1256b84003686c2/$FILE/Anses%2020100713.pdf)
- Araya, V., Gallo, L., Quesada, C., Chaves, C., Arias, M.L. 2008. Bacteriological evaluation of goat milk and cheese distributed in the Metropolitan Area of San José, Costa Rica. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 58(2), 182-186.
- Arman, P., Kay, R., Goodall, E.D., Sharman, G.A. 1974. The composition and yield of milk from captive red deer (*Cervus elaphus* L.). *Journal of Reproduction and Fertility* 37, 67-84.
- Astrup, A., Dyerberg, J., Elwood, P., Hermansen, K., Hu, F.B., Jakobsen, M.U., et al. 2011.. Perspective: The role of reducing intakes of saturated fat in the prevention of cardiovascular disease: where does the evidence stand in 2010? *American Journal of Clinical Nutrition* 93, 684-688.
- Attia, H., Kherouatou, N., Dhouib, A. 2001. Dromedary milk lactic acid fermentation: microbiological and rheological characteristics. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology* 26, 263-270.
- Bacci, S., Villumsen, S., Valentiner-Branth, P., Smith, B., Krogfelt, K.A., Mølbak. 2012. Epidemiology and Clinical Features of Human Infection with *Coxiella burnetii* in Denmark During 2006-07. *Zoonoses Public Health* 59, 61-68.
- Balogh, Z., Egyed, L., Ferenczi, E., Bán, E., Szomor, K.N., Takács, M., Berencsi, G. 2012. Experimental infection of goats with tick-borne encephalitis virus and the possibilities to prevent virus transmission by raw goat milk. *Intervirology* 55(3), 194-200.
- Balogh, Z., Ferenczi, E., Szeles, K., Stefanoff, P., Gut, W., Szomor, K.N., Takacs, M., Berencsi, G. 2010. Tick-borne encephalitis outbreak in Hungary due to consumption of raw goat milk. *Journal of Virological Methods* 163, 481-485.
- Bandyopadhyay, S., Lodh, C., Rahaman, H., Bhattacharya, D., Bera, A.K., Ahmed, F.A., Mahanti, A., Samanta, I., Mondal, D.K., Bandyopadhyay, S., Sarkar, S., Dutta, T.K., Maity, S., Paul, V., Ghosh, M.K., Sarkar, M., Baruah, K.K. 2012. Characterization of shiga toxin producing (STEC) and enteropathogenic *Escherichia coli* (EPEC) in raw yak (*Poephagus grunniens*) milk and milk products. *Research in Veterinary Science* 93(2), 604-610.
- Barbuddhe, S.B., Chaudhari, S.P., Malik, S.V.S. 2002. The Occurrence of Pathogenic *Listeria monocytogenes* and Antibodies against Listeriolysin-O in Buffaloes. *Journal of Veterinary Medicine* 49, 181-184.
- Barłowska, J., Szwajowska, M., Litwińczuk, Z., Król, J. 2011. Nutritional value and technological suitability of milk from various animal species used for dairy production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 10, 291-302.
- Benjamin, B., Annobil, S.H. 1992. Childhood brucellosis in southwestern Saudi Arabia: a 5-year experience. *Journal of Tropical Pediatrics* 38(4), 167-172.
- Benkerroum, N. 2008. Antimicrobial activity of lysozyme with special relevance to milk. *African Journal of Biotechnology* 7(25), 4856-4867.
- Berg, H., van Boekel, M. 1994. Degradation of lactose during heating of milk. I. Reaction pathways. *Netherlands Milk and Dairy Journal* 48, 157-175.
- Bernacka, H. 2011. Health-promoting properties of goat milk. *Medycyna Wet.* 67(8), 507-511.

¹⁴ Roginsky, H., Fuquay, J.W., FOX, P.F. (Eds). 2002. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Academic Press Amsterdam, London (UK).

- Berri, M., Rousset, E., Hechard, C., Champion, J.L., Dufour, P., Russo, P., Rodolakis, A. 2005. Progression of Q fever and *Coxiella burnetii* shedding in milk after an outbreak of enzootic abortion in a goat herd. *Veterinary Record* 156, 548-549.
- Bertino, E., Coppa, G. V., Giuliani, F., Coscia, A., Gabrielli, O., Sabatino, G., Sgarrella, M., Testa, T., Zampini, L., Fabris, C. 2008. Effect of holder pasteurization on human milk oligosaccharides. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology* 2, 381-385.
- Bielaszewska, M., Janda, J., Bláhová, K., Minaříková, H., Jíková, E., Karmali, M.A., Laubová, J., Šikulová, J., Preston, M.A., Khakhria, R., Karch, H., Klazarová, H., Nyč, O. 1997. Human *Escherichia coli* O157:H7 infection associated with the consumption of unpasteurized goat's milk. *Epidemiology and Infection* 119, 299-305.
- Blašková, D. 1967. The Public Health Importance of Tick-borne Encephalitis in Europe. *Bull World Health Organ* 36(1), 5-13.
- Bonomi, F., Iametti, S., Pagliarini, E., Solaroli, G. 1994. Thermal sensitivity of mares' milk proteins. *Journal of Dairy Research* 61(3), 419-422.
- Boulder County Public Health. 2010. Public Health Investigates Raw Milk Outbreak. *Epi Connections* September 2010.
- Bravo, P.W., Garnica, J., Fowler, M.E. 1997. Immunoglobulin G concentrations in periparturient llamas, alpacas and their crias. *Small Ruminant Research* 26, 145-149.
- Businco, L., Giampietro, P.G., Lucenti, P., Lucaroni, F., Pini, C., Di Felice, G., Iacovacci, P., Curadi, C., Orlandi, M. 2000. Allergenicity of mare's milk in children with cow milk allergy. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 105(5):1031-1034.
- Callon, C., Duthoit, F., Delbès, C., Ferrand, M., Le Frileux, Y., De Crémoux, R., Montel, M.-C. 2007. Stability of microbial communities in goat milk during a lactation year: Molecular approaches. *Systematic and Applied Microbiology* 30, 547-560.
- Capparelli, R., Parlato, M., Iannaccone, M., Roperto, S., Marabelli, R., Roperto, F., Iannelli, D. 2009. Heterogeneous shedding of *Brucella abortus* in milk and its effect on the control of animal brucellosis. *Journal of Applied Microbiology* 106(6), 2041-2047.
- Cerbulis, J., Farrell, H.M. 1977. Xanthine oxidase in dairy products. *Journal of Dairy Science* 60(2), 170-176.
- Cerf, O., Condron, R. 2006. *Coxiella burnetii* and milk pasteurization: an early application of the precautionary principle? *Epidemiology and Infection* 134, 946-951.
- Chardigny, J.-M., Destailats, F., Malpuech-Brugère, C., Moulin, J., Bauman, D.E., Lock, A.L., et al. 2008. Do trans fatty acids from industrially produced sources and from natural sources have the same effect on cardiovascular disease risk factors in healthy subjects? Results of the trans Fatty Acids Collaboration (TRANSFACT) study. *The American Journal of Clinical Nutrition* 87(3), 558-566.
- Cisak, E., Wójcik-Fatla, A., Zajac, V., Sroka, J., Buczek, A., Dutkiewicz, J. 2010. Prevalence of Tick-Borne Encephalitis Virus (TBEV) in samples from raw milk taken randomly from cows, goats and sheep in Eastern Poland. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 17, 283-286.
- Cross, M.L., Gill, H.S. 2000. Immunomodulatory properties of milk. *British Journal of Nutrition* 84(Suppl. 1), S81-S89.
- Csapó, J., Salamon, Sz., Lóki, K., Csapó-Kiss, Zs. 2009. Composition of mare's colostrum and milk. II. Protein content, amino acid composition and contents of macro- and micro-elements. *Acta Univ. Sapientia, Alimentaria* 2(1), 133-148.
- Csapó, J., Stefler, J., Martin, T.G., Makray, S., Csapó-Kiss, Zs. 1995. Composition of mares' colostrums and milk. Fat content, fatty acid composition and vitamin content. *International Dairy Journal* 5, 393-402.
- CSS- Conseil Supérieur de la Santé. 2009. Recommandations nutritionnelles pour la Belgique (Révision 2009) HGR/CSS 8309, Brussels, Belgium, pp. 114.
http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/18014679_fr.pdf
- Coroian, A., Coroian, C.O., Vodnar, D.C., Trif, M. 2010. Study of the main microbiological traits in Romanian buffalo milk. *HVM Bioflux* 2(2), 92-98.
- Cortés, C., De la Fuente, R., Blanco, J., Blanco, M., Blanco, J.E., Dhahi, G., Mora, A., Justel, P., Contreras, A., Sánchez, A., Corrales, J.C., Orden, J.A. 2005. Serotypes, virulence genes and intimin types of verotoxin-producing *Escherichia coli* and enteropathogenic *E. coli* isolated from healthy dairy goats in Spain. *Veterinary Microbiology* 110, 67-76.
- D'Amico, D.J., Donnelly, C.W. 2010. Microbiological quality of raw milk used for small-scale artisan cheese production in Vermont: Effect of farm characteristics and practices. *Journal of Dairy Science* 93(1), 134-147.
- D'Amico, D.J., Groves, E., Donnelly, C.W. 2008. Low incidence of foodborne pathogens of concern in raw milk utilized for farmstead cheese production. *Journal of Food Protection* 71(8), 1580-1589.
- Danków, R., Wójtowski, J., Pikul, J., Niżnikowski, R., Cais-Sokolińska, D. 2006. Effect of lactation on the hygiene quality and some milk physicochemical traits of the Wielkopolska mares. *Archiv Tierzucht Dummerstorf* 49, 201-206.
- Davis, T.A., Fiorotto, M.L., Reeds, P.J. 1994. Amino acid composition of human milk is not unique. *The Journal of Nutrition* 124, 1126-1132.

- de Jager, K. 2009. Safety of horse milk to humans and the effects of milking on the welfare of horses. <http://igitur-archive.library.uu.nl/student-theses/2009-0326-200811/safety%20horse%20milk,%20laatste%20versie.pdf>
- de la Fuente, M.A., Olano, A., Juárez, M. 1997. Distribution of calcium, magnesium, phosphorus, zinc, manganese, copper and iron between the soluble and colloidal phases of ewe's and goat's milk. *Lait* 77, 515-520.
- Delavenne, E., Mounier, J., Déniel, F., Barbier, G., Le Blay, G. 2012. Biodiversity of antifungal lactic acid bacteria isolated from raw milk samples from cow, ewe and goat over one-year period. *International Journal of Food Microbiology* 155, 185-190.
- Devle, H., Vetti, I., Naess-Andresen, C.F., Rukke, E.O., Vegarud, G., Ekeberg D. 2012. A comparative study of fatty acid profiles in ruminant and non-ruminant milk. *European Journal of Lipid Science and Technology* 114(9), 1036-1043.
- Dontorou, C., Papadopoulou, C., Filioussis, G., Economou, V., Apostolou, I., Zakkas, G., Salamoura, A., Kansouzidou, A., Levidiotou, S. 2003. Isolation of *Escherichia coli* O157:H7 from foods in Greece. *International Journal of Food Microbiology* 82, 273-279.
- Dore, M.P., Sepulveda, A.R., El-Zimaity, H., Yamaoka, Y., Osato, M.S., Mototsugu, K., Nieddu, A.M., Realdi, G., Graham, D.Y. 2001. Isolation of *Helicobacter pylori* from sheep-implications for transmission to humans. *American Journal of Gastroenterology* 96(5), 1396-1401.
- Dore, M.P., Sepulveda, A.R., Osato, M.S., Realdi, G., Graham, D.Y. 1999. *Helicobacter pylori* in sheep milk. *The Lancet* 354, 132.
- Doreau, M., Martin-Rosset, W. 2002. Dairy animals: Horse. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences*¹⁴, pp. 616-622.
- Douglas, F., Greenberg, R., Farrell, H. M. 1981. Effects of ultra-high-temperature pasteurization on milk proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 29, 11-15.
- Droke, E.A., Paape, M.J., Di Carlo, A.L. 1993. Prevalence of high somatic cell counts in bulk tank goat milk. *Journal of Dairy Science* 76(4), 1035-1039.
- Dumoulin, E., Peretz, G. 1993. Qualité bactériologique du lait cru de chèvre en France. *Qualité hygiénique du lait de chèvre* 73, 475-483.
- EFSA. 2012a. The European Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in 2010. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/2597.pdf>
- EFSA. 2012b. Scientific opinion of the EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on the suitability of goat milk protein as a source of protein in infant formulae and in follow-on formulae. *EFSA Journal* 10(3), 2603. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2603.htm>
- EFSA. 2010. Trends and Sources of Zoonoses and Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in the European Union in 2008. Community Summary report. <http://www.efsa.europa.eu/en/scdocs/doc/1496.pdf>
- El-Agamy, E.I. 2009. Chapter 6: Bioactive components in camel milk. In: Bioactive components in milk and dairy products, Park Y.W. (ed.), Wiley-Blackwell, Iowa, USA, pp. 159-194.
- El-Agamy, E.I. 2007. The challenge of cow milk protein allergy. *Small Ruminant Research* 68, 64-72.
- El-Agamy, E.I. 2000. Effect of heat treatment on camel milk proteins with respect to antimicrobial factors: a comparison with cows' and buffalo milk proteins. *Food Chemistry* 68, 227-232.
- Elamin, E.A., Elias, S., Dauschies, A., Rommel, M. 1992. Prevalence of *Toxoplasma gondii* antibodies in pastoral camels (*Camelus dromedarius*) in the Butana plains, mid-Eastern Sudan. *Veterinary Parasitology* 43(3-4), 171-175.
- Elfstrand, L., Lindmark-Månsson, H., Paulsson, M., Nyberg, L., Åkesson, B. 2002. Immunoglobulins, growth factors and growth hormone in bovine colostrum and the effects of processing. *International Dairy Journal* 12, 879-887.
- El-Hatmi, H., Girardet, J.-M., Gaillard, J.-L., Yahyaoui, M., Attia, H. 2007. Characterisation of whey proteins of camel (*Camelus dromedaries*) milk and colostrums. *Small Ruminant Research* 70, 267-271.
- Fantuz, F., Ferraro, S., Todini, L., Piloni, R., Mariani, P., Salimei E. 2012. Donkey milk concentration of calcium, phosphorus, potassium, sodium and magnesium. *International Dairy Journal* 24, 143-145.
- Farah, Z., Rettenmaier, R., Atkins, D. 1992. Vitamin content of camel milk. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* 62(1), 30-33.
- Farah, Z., Atkins, D. 1992. Heat coagulation of camel milk. *Journal of Dairy Research* 59, 229-231.
- Farah, Z. 1986. Effect of heat treatment on whey proteins of camel milk. *Milchwissenschaft* 41(12), 763-765.
- Favila-Humara, L.C., Chávez-Gris, G.G., Carrillo-Casas, E.M., Hernández-Castro, R. 2010. *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* detection in individual and bulk tank milk samples from bovine herds and caprine flocks. *Foodborne Pathogens and Disease* 7(4), 351-355.
- Faye, B., Konuspayeva, G. 2012. The sustainability challenge to the dairy sector - The growing importance of non-cattle milk production worldwide. *International Dairy Journal* 24, 50-56.
- FDA – Food and Drug Administration (Verenigde Staten). 2012. Bad Bug Book. Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxines Handbook.

<http://www.fda.gov/downloads/Food/FoodSafety/Foodbornellness/FoodbornellnessFoodbornePathogensNaturalToxins/BadBugBook/UCM297627.pdf>

- Fishbein, D.B., Raoult, D. 1992. A cluster of *Coxiella burnetii* infections associated with exposure to vaccinated goats and their unpasteurized dairy products. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 47(1), 35-40.
- Forbes, L.B., Tessaro, S.V. 1993. Transmission of brucellosis from reindeer to cattle. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 203(2), 289-294.
- Foschino, R., Invernizzi, A., Barucco, R., Stradiotto, K. 2002. Microbial composition, including the incidence of pathogens, of goat milk from the bergamo region of Italy during a lactation year. *Journal of Dairy Research* 69(2), 213-225.
- Fotou, K., Tzora, A., Voidarou, C., Alexopoulos, A., Plessas, S., Avgeris, I., Bezirtzoglou, E., Akrida-Demertzi, K., Demertzis, P.G. 2011. Isolation of microbial pathogens of subclinical mastitis from raw sheep's milk of Epirus (Greece) and their role in its hygiene. *Anaerobe* 17(6), 315-319.
- Fox, P. F., Kelly, A. L. 2006. Review: Indigenous enzymes in milk: Overview and historical aspects - Part 1 & 2. *International Dairy Journal* 16, 500-532.
- FSA – Food Standards Agency (Verenigd Koninkrijk). 1997-1999. Microbiological survey of unpasteurised sheep, goats' and buffaloes' milk (1997 – 1999). <http://tna.europarchive.org/20110615133801/http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/unpasteurisedbuffaloes.pdf>
- FSA – Food Standards Agency (Verenigd Koninkrijk). 1997-1998. Microbiological survey of unpasteurised sheep and goat's drinking milk (1997/1998). http://tna.europarchive.org/20110615133801/http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/unpasteurisedsheep_goats.pdf
- Fujimura, S., Kawamura, T., Kato, S., Tateno, H., Watanabe, A. 2002. Detection of *Helicobacter pylori* in cow's milk. *Letters in Applied Microbiology* 35, 504-507.
- Gallego, L., Landete-Castillejos, T., Garcia, A., Sánchez, P.J. 2006. Seasonal and lactational changes in mineral composition of milk from Iberian red deer (*Cervus elaphus hispanicus*). *Journal of Dairy Science* 89(2), 589-595.
- Gastaldi, D., Bertino, E., Monti, G., Baro, C., Fabris, C., Lezo, A., *et al.* 2010. Donkey's milk detailed lipid composition. *Frontiers in Bioscience* E2, 537-546.
- Gaya, P., Saralegui, C., Medina, M., Nunez, M. 1996. Occurrence of *Listeria monocytogenes* and other *Listeria* spp. in raw caprine milk. *Journal of Dairy Science* 79(11), 1936-1941.
- German, J. B., Dillard, C. J. 2006. Composition, structure and absorption of milk lipids: A source of energy, fat-soluble nutrients and bioactive molecules. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 46, 57-92.
- Gonzalo, C., Carriedo, J.A., García-Jimeno, M.C., Pérez-Bilbao, M., De La Fuente, L.F. 2010. Factors influencing variation of bulk milk antibiotic residue occurrence, somatic cell count, and total bacterial count in dairy sheep flocks. *Journal of Dairy Science* 93(4), 1587-1595.
- Gonzalo, C., Carriedo, J.A., Beneitez, E., Juárez, M.T., De La Fuente, L.F., San Primitivo, F. 2006. Short communication: bulk tank total bacterial count in dairy sheep: factors of variation and relationship with somatic cell count. *Journal of Dairy Science* 89(2), 549-552.
- Gonzalo, C., Carriedo, J.A., Blanco, M.A., Beneitez, E., Juárez, L.F., San Primitivo, F. 2005. Factors of Variation Influencing Bulk Tank Somatic Cell Count in Dairy Sheep. *Journal of Dairy Science* 88(3), 969-974.
- Grant, I.R., O'Riordan, L.M., Ball, H.J., Rowe, M.T. 2001. Incidence of *Mycobacterium paratuberculosis* in raw sheep and goats' milk in England, Wales and Northern Ireland. *Veterinary Microbiology* 79, 123-131.
- Greenwood, M.H., Roberts, D., Burden, P. 1991. The occurrence of *Listeria* species in milk and dairy products: a national survey in England and Wales. *International Journal of Food Microbiology* 12, 197-206.
- Griffiths, M.W. (Ed.). 2010. Improving the safety and quality of milk. Volume 1: Milk production and processing. Woodhead Publishing Limited, University of Guelph, Canada (pp. 520).
- Groër, M.W., Yolken, R.H., Xiao, J.C., Beckstead, J.W., Fuchs, D., Mohapatra, S.S., Seyfang, A., Postolache, T.T. 2011. Prenatal depression and anxiety in *Toxoplasma gondii*-positive women. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 204(5), 433.e1-433.e7.
- Guéguen, L., Pointillart, A. 2000. The bioavailability of dietary calcium. *Journal of the American College of Nutrition* 19(2), 119S-136S.
- Guo, H.Y., Pang, K., Zhang, X.Y., Zhao, L., Chen, S.W., Dong, M.L., Ren, F.Z. 2007. Composition, physicochemical properties, nitrogen fraction distribution, and amino acid profile of donkey milk. *Journal of Dairy Science* 90, 1635-1643.
- Haenlein, G. F. W. 2004. Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research* 51, 155-163.
- Han, B.-Z., Meng, Y., Li, M., Yang, Y.-X., Ren, F.-Z., Zeng, Q.-K., Nout, R.M.J. 2007. A survey of the microbiological and chemical composition of buffalo milk in China. *Food Control* 18, 742-746.
- Harp, J.A., Fayer, R., Pesch, B.A., Jackson, G.J. 1996. Effect on Pasteurization on Infectivity of *Cryptosporidium parvum* Oocysts in Water and Milk. *Applied and Environmental Microbiology* 62(8), 2866-2868.

- Harris, N.V., Kimball, T.J., Bennett, P., Johnson, Y., Wakely, D., Nolan, C.M. 1987. *Campylobacter jejuni enteritidis* associated with raw goat's milk. *American Journal of Epidemiology* 126(2), 179-186.
- Hassan, Z.M.R., Farahat, A., Abd El-Gawad, M. 2009. Effect of cold storage and heating of camel's milk on functional properties and microstructure in comparison with cow's and buffalo's milk. *Annals Agric. Sci.* 54(1), 137-147.
- Hoffman, R.M., Kronfeld, D.S., Herbein, J.H., Swecker, W.S., Cooper, W.L., Harris, P.A. 1998. Dietary carbohydrates and fat influence milk composition and fatty acid profile of mare's milk. *The Journal of Nutrition* 128 (S12), 2708S-2711S.
- Holand, Ø., Aikio, P., Gjøstein, H., Nieminen, M., Hove, K., White, R.G. 2002. Modern reindeer dairy farming—the influence of different milking regimes on udder health, milk yield and composition. *Small Ruminant Research* 44, 65-73.
- Inglingstad, R., Devold, T., Eriksen, E., Holm, H., Jacobsen, M., Liland, K., Rukke, E., Vergarud, G. 2010. Comparison of the digestion of caseins and whey proteins in equine, bovine, caprine and human milks by human gastrointestinal enzymes. *Dairy Science and Technology* 90, 549-563.
- Ishibashi, N., Yamazaki, S. 2001. Probiotics and safety. *American Journal of Clinical Nutrition* 73(2), 465S-470S.
- Ivanković, A., Ramljak, J., Štulina, I., Antunac, N., Bašić, I., Kelava, N., Konjačić, M. 2009. Characteristics of the lactation, chemical composition and milk hygiene quality of the Littoral-Dinaric ass. *Mljekarstvo* 59(2), 107-113.
- Jahreis, G., Fritsche, J., Möckel, P., Schöne, F., Möller, U., Steinhart, H. 1999. The potential anticarcinogenic conjugated linoleic acid, cis-9, trans-11 C18:2, in milk of different species: cow, goat, ewe, cow, mare, women. *Nutrition Research* 19, 1541–1549.
- Jainudeen, M.R. 2002. Buffalo husbandry. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences*¹⁴, pp. 186-193.
- Jandal, J.M. 1996. Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research* 22, 177-185.
- Jauregui-Adell, J. 1975. Heat stability and reactivation of mare milk lysozyme. *Journal of Dairy Science* 58, 835-838.
- Jensen, R., Ferris, A., Lammi-Keefe, C., Henderson, R. 1990. Lipids of bovine and human milks : a comparison. *Journal of Dairy Science* 73(2), 223-240.
- Jiwa, S.F.H., Kazwala, R.R., Namahungu, E. 1994. Prevalence of *Campylobacter* spp. in clinically normal goats kept under various management systems in urban Tanzania. *Small Ruminant Research* 15(1), 97-100.
- Jordão Junior, C.M., Lopes, F.C.M., David, S., Farache Filho, A., Leite, C.Q.F. 2009. Detection of nontuberculous mycobacteria from water buffalo raw milk in Brazil. *Food Microbiology* 26, 658-661.
- Jørgensen, H.J., Mørk, T., Høgåsen, Rørvik, L.M. 2005. Enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* in bulk milk in Norway. *Journal of Applied Microbiology* 99, 158-166.
- Kalimuddin, S., Seow, C.J., Barkham, T., Deepak, R.N., Li, L., Tan, T.T. 2010. Hidden health risks of the Hajj—A report of two cases of brucellosis contracted by pilgrims during the Hajj. *Scandinavian Journal of Infectious Diseases* 42, 228-230.
- Kalogridou-Vassiliadou, D. 1991. Mastitis-related pathogens in goat milk. *Small Ruminant Research* 4(2), 203-212.
- Kaufmann, W. 1984. Zum Einfluss unterschiedlicher technologischer Behandlung von Milch auf die Verdauungsvorgänge im Magen. VI. Messungen von Aminosäure- und Harnstoffgehalten im Blut; Schlussfolgerungen zur ernährungsphysiologischen Bewertung. (Influence of different technological treatments of milk on digestion in the stomach. VI. Estimation of amino acids and urea in blood; conclusions regarding nutritional evaluation). *Milchwissenschaft* 39, 281–284.
- Kerbo, N., Donchenko, R., Kutsar, K., Vasilenko, V. 2005. Tickborne encephalitis outbreak in Estonia linked to raw goat milk, May-June 2005. *Eurosurveillance* 10(25). <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=2730>
- Khalifa, M.Y., Niki, R., Arima, S. 1985. Effect of heat treatments on κ-casein. I. Heat-induced changes of κ-casein fractions. *Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University* 62(3), 283-301.
- Kohl, I., Kozuch, O., Elecková, E., Labuda, M., Zaludko, J. 1996. Family outbreak of alimentary tick-borne encephalitis in Slovakia associated with a natural focus of infection. *European Journal of Epidemiology* 12(4), 373-375.
- Konuspayeva, G., Lemarie, E., Faye, B., Loiseau, G., Montet, D. 2008. Fatty acid and cholesterol composition of camel's (*Camelus bactrianus*, *Camelus dromedarius* and hybrids) milk in Kazakhstan. *Dairy Science and Technology* 88, 327-340.
- Korhonen, H.J. 2009. Chapter 2: Bioactive components in bovine milk. In: Bioactive components in milk and dairy products, Park Y.W. (ed.), Wiley-Blackwell, Iowa, USA, pp. 15-42.
- Korhonen, H., Marnila, P., Gill, H.S. 2000. Milk immunoglobulins and complement factors. *British Journal of Nutrition* 84(Suppl. 1), S75-S80.
- Kríz, B., Benes, C., Daniel, M. 2009. Alimentary transmission of tick-borne encephalitis in the Czech Republic (1997-2008). *Epidemiologie, Mikrobiologie, Immunologie* 58 (2), 98-103.
- Kunz, C., Rudloff, S. 2006. Health promoting aspects of milk oligosaccharides. *International Dairy Journal* 16, 1341-1346.

- Lacroix, M., Léonil, J., Bos, C., Henry, G., Airinei, G., Fauquant, J., Tomé, D., Gaudichon, C. 2006. Heat markers and quality indexes of industrially heat-treated [15N] milk protein measured in rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, 1508-1517.
- La Torre, G. L., Saitta, M., Potortí, A., Di Bella, G., Dugo, G. 2010. High performance liquid chromatography coupled with atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry for sensitive determination of bioactive amines in donkey milk. *Journal of Chromatography A* 1217, 5215-5224.
- Li, H., Ma, Y., Li, Q., Wang, J., Cheng, J., Xue, J., Shi, J. 2011. The chemical composition and nitrogen distribution of Chinese yak (Maiwa) milk. *International Journal of Molecular Sciences* 12, 4885-4895.
- Li, H., Ma, Y., Dong, A., Wang, J., Li, Q., He, S., Maubois, J.-L. 2010. Protein composition of yak milk. *Dairy Science and Technology* 90, 111–117.
- Little, C.L., de Louvois, J. 1999. Health risks associated with unpasteurized goat's and ewes' milk on retail sale in England and Wales. A PHLS Dairy Products Working Group Study. *Epidemiology and Infection* 122, 403-408.
- Liu, H.N., Ren, F.Z., Jiang, L., Ma, Z.L., Qiao, H.J., Zeng, S.S., Gan, B.Z., Guo, H.Y. 2011. Fatty acid profile of yak milk from the Qinghai-Tibetan plateau in different seasons and for different parities. *Journal of Dairy Science* 94(4), 1724-1731.
- Lorenzen, P., Wernery, R., Johnson, B., Jose, Sh., Wernery, U. 2011. Evaluation of indigenous enzyme activities in raw and pasteurized camel milk. *Small Ruminant Research* 97, 79-82.
- Lorenzen, P., Martin, D., Clawin-Rädecker, I., Barth, K., Knappstein, K. 2010. Activities of alkaline phosphatase, γ -glutamyltransferase and lactoperoxidase in cow, sheep and goat's milk in relation to heat treatment. *Small Ruminant Research* 89, 18-23.
- Lorusso, V., Dambrosio, A., Quaglia, N.C., Parisi, A., La Salandra, G., Lucifora, G., Mula, G., Virgilio, S., Carosielli, L., Rella, A., Dario, M., Normanno, G. 2009. Verocytotoxin-producing *Escherichia coli* O26 in raw water buffalo (*Bubalus bubalis*) milk products in Italy. *Journal of Food Protection* 72(8), 1705-1708.
- Lulu, A.R., Araj, G.F., Khateeb, M.I., Mustafa, M.Y., Yusuf, A.R., Fenech, F.F. 1988. Human brucellosis in Kuwait: a prospective study of 400 cases. *QJM: An International Journal of Medicine* 66(249), 39-54.
- Magwedere, K., Bishi, A., Tjipura-Zaire, G., Eberle, G., Hemberger, Y., Hoffman, L.C., Dziva, F. 2011. *Brucellae* through the food chain: the role of sheep, goats and springbok (*Antidorcus marsupialis*) as sources of human infections in Namibia. *Journal of the South African Veterinary Association* 82(4), 205-212.
- Malacarne, M., Martuzzi, F., Summer, A., Mariani, P. 2002. Review: Protein and fat composition of mare's milk: some nutritional remarks with reference to human and cow's milk. *International Dairy Journal* 12, 869-877.
- Marchand, S., Merchiers, M., Messens, W., Coudijzer, K., De Block, J. 2009. Thermal inactivation kinetics of alkaline phosphatase in equinemilk. *International Dairy Journal* 19(12), 763–767.
- Marler, C. 2009. Raw Goat Milk E. coli O157:H7 Outbreak linked to Dairy and Retail. <http://www.marlerblog.com/legal-cases/2008-raw-goat-milk-e-coli-o157h7-outbreak-linked-to-dairy-and-retail/>
- Marler, C. 2007. *Campylobacter* milk outbreaks up to 2007. <http://www.marlerclark.com/pdfs/CAMPYLOBACTERMILKOUTBREAKSupto2007.pdf>
- Martín, M.-J., Martín-Sosa, S., Hueso, P. 2002. Binding of milk oligosaccharides by several enterotoxigenic *Escherichia coli* strains isolated from calves. *Glycoconjugate Journal* 19, 5-11.
- Martinez-Ferez, A., Rudloff, S., Guadix, A., Henkel, C.A., Pohlentz, G., Boza, J.J., Gaudix, E.M., Kunz, C. 2006. Goats' milk as a natural source of lactose - derived oligosaccharides: isolation by membrane technology. *International Dairy Journal* 16, 173-181.
- Mattila-Sandholm, T., Saarela, M. (Eds.). 2003. Functional Dairy Products (Volume 1). CRC Press, New York, US, pp. 416.
- Matuszczyk, I., Tarnowska, H., Zabicka, J., Gut, W. 1997. The outbreak of an epidemic of tick-borne encephalitis in Kielec province induces by milk ingestion. *Przegląd Epidemiologiczny* 51(4), 381-388.
- Mayer, H., Fiechter, G. 2012. Physical and chemical characteristics of sheep and goat milk in Austria. *International Dairy Journal* 24, 57-63.
- McIntyre, L., Fung, J., Paccagnella, A., Isaac-Renton, J., Rockwell, F., Emerson, B., Preston, T. 2002. *Escherichia coli* O157 outbreak associated with the ingestion of unpasteurized goat's milk in British Columbia, 2001. *Canada Communicable Disease Report* 28(1), 6-8.
- McManus, C., Lanier, J. M. 1987. *Salmonella*, *Campylobacter jejuni*, and *Yersinia enterocolitica* in Raw Milk. *Journal of Food Protection* 50, 51.
- Medhammar, E., Wijesinha-Bettoni, R., Stadlmayr, B., Nilsson E., Charrondiere, U. R., Burlingame, B. 2012. Composition of milk from minor dairy animals and buffalo breeds: a biodiversity perspective. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92, 445-474.
- Medina, R., Katz, M., Gonzalez, S., Oliver, G. 2001. Characterization of the lactic acid bacteria in ewes milk and cheese from northwest Argentina. *Journal of Food Protection* 64, 559-563.

- Mehra, R., Kelly, P. 2006. Milk oligosaccharides: Structural and technological aspects. *International Dairy Journal* 16, 1334–1340.
- Michaelidou, A. M. 2008. Factors influencing nutritional and health profile of milk and milk products. *Small Ruminant Research* 79, 42-50.
- Michalski, M.-C. 2007. On the supposed influence of milk homogenization on the risk of CVD, diabetes and allergy. *British Journal of Nutrition* 97, 598–610.
- Milk Facts. 2012. Table. Disease Outbreaks Associated with Milk Products. <http://www.milkfacts.info/Milk%20Microbiology/Disease%20Outbreaks.htm>
- Mittaine, J. 1962. Milk other than cows' Milk. In: Milk Hygiene. WHO/FAO, p. 681-694.
- Monti, G., Bertino, M., Muratore, M. C., Coscia, A., Cresi, F., Silvestro, L., Fabris, C., Fortunato, D., Giufrida, M. G., Conti, A. 2007. Efficacy of donkey's milk in treating highly problematic cow's milk allergic children: an *in vivo* and *in vitro* study. *Pediatric Allergy and Immunology* 18, 258-264.
- Morgan, F., Massouras, T., Barbosa, M., Roseiro, L., Ravasco, F., Kandarakis, I., Bonnin, V., Fistakoris, M., Anifantakis, E., Jaubert, G., Raynal-Ljutovac, K. 2003. Characteristics of goat milk collected from small and medium Enterprises in Greece, Portugal and France. *Small Ruminant Research* 47(1), 39-49.
- Morin, D.E., Rowan, L.L., Hurley, W.L., Braselton, W.E. 1995a. Composition of milk from llamas in the United States. *Journal of Dairy Science* 78, 1713-1720.
- Morin, D.E., Rowan, L.L., Hurley, W.L. 1995b. Comparative study of proteins, peroxidase activity and N-acetyl- β -D-glucosaminidase activity in llama milk. *Small Ruminant Research* 17, 255-261.
- Moroni, P., Sgoifo Rossi, C., Pisoni, G., Bronzo, V., Castiglioni, B., Boettcher, P.J. 2006. Relationships Between Somatic Cell Count and Intramammary Infection in Buffeloes. *Journal of Dairy Science* 89(3), 998-1003.
- Mousa, A.R., Elhag, K.M., Khogali, M., Marafie, A.A. 1988. The nature of human brucellosis in Kuwait: study of 379 cases. *Reviews of Infectious Diseases* 10(1), 211-217.
- Muehlherr, J.E., Zweifel, C., Corti, S., Blanco, J.E., Stephan, R. 2003. Microbiological quality of raw goat's and ewe's bulk-tank milk in Switzerland. *Journal of Dairy Science* 86(12), 3849-3856.
- Murray, M.J., Schaudies, R.P., Cavey, D.M. 1992. Epidermal growth factor-like activity in mares' milk. *American Journal of Veterinary Research* 53(10), 1729-1731.
- NACMCF – National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods (Verenigde Staten). 2010. Assessment of Food as a Source of Exposure to *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* (MAP). *Journal of Food Protection* 73(7), 1357-1397.
- Naert, L., Vande vyvere, B., Verhoeven, G., Duchateau, L., De Smet, S., Coopman, F. 2013. Assessing heterogeneity of the measured composition of mare's milk in Flanders. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift* 82, 23-30.
- Nakamura, T., Amikawa, S., Harada, T., Saito, T., Arai, I., Urashima, T. 2001. Occurrence of an unusual phosphorylated N-acetyllactosamine in horse colostrum. *Biochimica et Biophysica Acta* 1525, 13-18.
- Nikkah, A. 2011. Science of camel and yak milks: human nutrition and health perspectives. *Food and Nutrition Sciences* 2, 667-673.
- NVVA – Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (Nederland). 2006. Rauwe melk. Risico's voor de volksgezondheid. www.vwa.nl/txmpub/files/?p_file_id=16536
- Odle, J., Zijlstra, R.T., Donovan, S.M. 1996. Intestinal effects of milkborne growth factors in neonates of agricultural importance. *Journal of Animal Science* 74(10), 2509-2522.
- Okusaga, O., Langenberg, P., Sleemi, A., Vaswani, D., Giegling, I., Hartmann, A.M., Konte, B., Friedl, M., Groër, M.W., Yolken, R.H., Rujescu, D., Postolache, T.T. 2011. *Toxoplasma gondii* antibody titers and history of suicide attempts in patients with schizophrenia. *Schizophrenia Research* 133(1-3), 105-155.
- Oliveira, A.A., Pinheiro, J.W.Jr., Mota, R.A., Cunha, M.L., Lopes, C.A., Rocha, N.S. 2011. Phenotype characterization of *Staphylococcus* species strains isolated from buffalo (*Bubalus bubalis*) milk. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 23(6), 1208-1211.
- Orlandi, M., Goracci, J., Curadi, M.C. 2003. Fat composition of mare's milk with reference to human nutrition. *Annali della Facoltà di Medicina veterinaria* 56, 97-105.
- Paape, M.J., Wiggans, G.R., Bannerman, D.D., Thomas, D.L., Sanders, A.H., Contreras, A., Moroni, P., Miller, R.H. 2007. Monitoring goat and sheep milk somatic cell counts. *Small Ruminant Research* 68(1), 114-125.
- Panayotov, D., Iliev, T., Naydenova, N., Pamukova, D., Simeonov, M. 2011. Study of milk composition in sheep of Pleven Blackhead breed. *Agricultural Science and Technology* 3(1), 47-49.
- Pandya, A. J., Haenlein, G. F. W. 2009. Chapter 5: Bioactive components in buffalo milk. In: Bioactive components in milk and dairy products, Park Y.W. (ed.), Wiley-Blackwell, Iowa, USA, pp. 105-158.
- Park, Y. W. 2009. Chapter 3: Bioactive components in goat milk. In: Bioactive components in milk and dairy products, Park Y.W. (ed.), Wiley-Blackwell, Iowa, USA, pp. 43-81.
- Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G. F. W. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research* 68, 88-113.
- Park, Y.W. 1991. Interrelationships between somatic cell counts, electrical conductivity, bacteria counts, percent fat and protein in goat milk. *Small Ruminant Research* 5(4), 367-375.

- Park, Y.W., Humphrey, R.D. 1986. Bacterial cell counts in goat milk and their correlations with somatic cell counts, percent fat, and protein. *Journal of Dairy Science* 69(1), 32-37.
- Pece, A., Coroian, C., Răducu, C., Mireșan, V., Mureșan, G. 2009. The study of the main parameters quality of buffalo milk. *Journal of Central European Agriculture* 10(3), 201-206.
- Pernthaler, A., Deutz, A., Schlerka, G., Baumgartner, W. 1991. The cell count in sheep and goat milk. *Tierärztl Praxis* 19(6), 612-616.
- Pfeil, R. 1984. Zum Einfluss unterschiedlicher technologischer Behandlung von Milch auf die Verdauungsvorgänge im Magen. III. Proteolyse im Magen. (Influence of different technological treatments of milk on digestion in the stomach. III. Proteolysis in the stomach). *Milchwissenschaft* 39, 267-270.
- Pilla, R., Daprà, V., Zecconi, A., Piccinini, R. 2010. Hygienic and health characteristics of donkey milk during a follow-up study. *Journal of Dairy Research* 77(4), 392-397.
- Potočnik, K., Gantner, V., Kuterovac, K., Cividini, A. 2011. Mare's milk: composition and protein fraction in comparison with different milk species. *Mljekarstvo* 61(2), 107-113.
- Quaglia, N.C., Dambrosio, A., Normanno, G., Parisi, A., Patrono, R., Ranieri, G., Rella, A., Celano, G.V. 2008. High occurrence of *Helicobacter pylori* in raw goat, sheep and cow milk inferred by *glmM* gene: A risk of food-borne infection? *International Journal of Food Microbiology* 124, 43-47.
- Radzik-Rant, A., Rozbicka-Wieczorek, A., Czauderna, M., Rant, W., Kuczyńska, B. 2011. The chemical composition and fatty acid profile in milk of Polish Mountain Sheep and Polish Merino. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Animal Science* 49, 163-172.
- Rahimi, E., Kheirabadi, E.K., 2012. Detection of *Helicobacter pylori* in Bovine, Buffalo, Camel, Ovine, and Caprine Milk in Iran. *Foodborne Pathogens and Disease* 9(5), 453-456.
- Rahimi, E., Ameri, M., Karim, G., Doosti, A. 2011. Prevalence of *Coxiella burnetii* in bulk milk samples from dairy bovine, ovine, caprine, and camel herds in Iran as determined by polymerase chain reaction. *Foodborne Pathogens and Disease* 8(2), 307-310.
- Rahimi, E., Doosti, A., Ameri, M., Kabiri, E., Sharifian, B., 2008. Detection of *Coxiella burnetii* by Nested PCR in Bulk Milk Samples from Dairy Bovine, Ovine, and Caprine Herds in Iran. *Zoonoses and Public Health* 57(7-8), 38-41.
- Ramos, J.M., Bernal, E., Esguevillas, T., Lopez-Garcia, P., Gaztambide, M.S., Gutierrez, F. 2008. Non-imported brucellosis outbreak from unpasteurized raw milk in Moroccan immigrants in Spain. *Epidemiology and Infection* 136, 1552-1555.
- Raynal-Ljutovac, K., Piriš, A., de Crémoux, R., Gonzalo, C. 2007a. Somatic cells of goat and sheep milk: Analytical, sanitary, productive and technological aspects. *Small Ruminant Research* 68, 126-144.
- Raynal-Ljutovac, K., Park, Y.W., Gaucheron, F., Bouhallab, S. 2007b. Heat stability and enzymatic modifications of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research* 68, 207-220.
- Real Raw Milk Facts. 2012. Outbreaks from Foodborne Pathogens in Unpasteurized (Raw) Milk and Raw Milk Cheeses, United States 1998-present. <http://www.foodpoisonjournal.com/uploads/image/raw-dairy-outbreak-table.pdf>
- Recio, I., de la Fuente, M.A., Juárez, M., Ramos, M. 2009. Chapter 4 : Bioactive components in sheep milk. In: Bioactive components in milk and dairy products, Park Y.W. (ed.), Wiley-Blackwell, Iowa, USA, pp. 83-104.
- Restani, P., Beretta, B., Fiocchi, A., Ballabio, C., Gali, C.L. 2002. Cross-reactivity between mammalian proteins. *Annals of Allergy, Asthma and Immunology* 89, 11-15.
- Rey, J., Sánchez, S., Blanco, J.E., Hermoso de Mendoza, J., Hermoso de Mendoza, M., García, A., Gil, C., Tejero, N., Rubio, R., Alonso, J.M. 2006. Prevalence, serotypes and virulence genes of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* isolated from ovine and caprine milk and other dairy products in Spain. *International Journal of Food Microbiology* 107, 212-217.
- Riek, A., Gerken, M. 2006. Changes in Llama (*Lama glama*) milk composition during lactation. *Journal of Dairy Science* 89(9), 3484-3493.
- Riemann, H.P., Meyer, M.E., Theis, J.H., Kelso, G., Behymer, D.E. 1975. Toxoplasmosis in an infant fed unpasteurized goat milk. *Journal of Pediatrics* 87(4), 573-576.
- Roelandt, S., Heyman, P., Filette, M., Vene, S., Van der Stede, Y., Caij, A.B., Tavernier, P., Dobby, A., De Bosschere, H., Vyt, P., Meersschaert, C., Roels, S. 2011. Tick-Borne Encephalitis Virus Seropositive Dog Detected in Belgium: Screening of the Canine Population as Sentinels for Public Health. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* 11(10), 1371-1376.
- Roos, N., Mahé, S., Benamouzig, R., Sick, H., Rautureau, J., Tomé, D. 1995. 15N-labeled immunoglobulins from bovine colostrum are partially resistant to digestion in human intestine. *The Journal of Nutrition* 125(5), 1238-1244.
- Rowan, L.L., Morin, D.E., Hurley, W.L., Shanks, R.D., Kakoma, I., Hoffmann, W.E., Goetz, T.E., Cullor, J.S. 1996. Evaluation of udder health and mastitis in llamas. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 209(8), 1457-1463.
- Ryan, D.P., Greenwood, P.L. 1990. Prevalence of udder bacteria in milk samples from four dairy goat herds. *Australian Veterinary Journal* 67(10), 362-363.
- Sacks, J.J., Roberto, R.R., Brooks, N.F. 1982. Toxoplasmosis infection associated with raw goat's milk. *Journal of American Medical Association* 248(14), 1728-1732.

- Salamon, R.V., Salamon, Sz., Csapó-Kiss, Zs., Csapó, J. 2009. Composition of mare's colostrums and milk. I. Fat content, fatty acid composition and vitamin contents. *Acta Univ. Sapientiae, Alimentaria* 2(1), 119-131.
- Salimei, E., Fantuz, F. 2012. Equid milk for human consumption. *International Dairy Journal* 24, 130-142.
- Salimei, E., Fantuz, F., Coppola, R., Chiofalo, B., Polidori, P., Varisco, G. 2004. Composition and characteristics of ass's milk. *Animal Research* 53, 67-78.
- Šarić, L.Č., Šarić, B.M., Mandić, A.I., Torbica, A.M., Tomić, L.M., Cvetković, D.D., Okanović, Đ.G. 2012. Antibacterial properties of Domestic Balkan donkeys' milk. *International Dairy Journal* 25, 142-146.
- Schaafsma, G. 2002. Nutritional significance of lactose and lactose derivatives. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences*¹⁴, pp. 1529-1533.
- Schiemann, D.A. 1987. *Yersinia enterocolitica* in milk and dairy products. *Journal of Dairy Science* 70, 383-391.
- Schlimme, E., Martin, D., Tait, D. 2002. Nucleosides and nucleotides in milk. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences*¹⁴, pp. 2100-2107.
- Schoder, D., Zangana, A., Wagner, M. 2010. Sheep and goat raw milk consumption: a hygienic matter of concern? *Archiv für Lebensmittelhygiene* 61(6), 197-236.
- Seker, E., Yardimci, H. 2008. First isolation of *Escherichia coli* O157:H7 from faecal and milk specimens from Anatolian water buffaloes (*Bubalus bubalus*) in Turkey. *Journal of the South African Veterinary Association* 79(4), 167-170.
- Serraino, A., Florio, D., Giacometti, F., Piva, S., Mion, D., Zaroni, R.G. 2013. Presence of *Campylobacter* and *Arcobacter* species in in-line milk filters of farms authorized to produce and sell raw milk and of a water buffalo dairy farm in Italy. *Journal of Dairy Science* 96(5), 1-7.
- Shaalán, M.A., Memish, Z.A., Mahmoud, S.A., Alomari, A., Khan, M.Y., Almuneef, M., Alalola, S. 2002. Brucellosis in children: clinical observations in 115 cases. *International Journal of Infectious Diseases* 6(3), 182-186.
- Shakeel-ur-Rehman, Farkye, N.Y. 2002. Enzymes indigenous to milk; Lipases and esterases. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences*¹⁴, pp. 926-929.
- Shamsia, S.M. 2009. Nutritional and therapeutic properties of camel and human milks. *International Journame of Genetics and Molecular Biology* 1(2), 52-58.
- Sheng, Q., Fang, X. 2009. Chapter 7: Bioactive components in mare milk. In: Bioactive components in milk and dairy products, Park Y.W. (ed.), Wiley-Blackwell, Iowa, USA, pp. 195-213.
- Shimol, S.B., Dukhan, L., Velmaker, I., Bardenstein, S., Sibirsky, D., Barrett, C., Greenberg, D. 2012. Human Brucellosis Outbreak Acquired through Camel Milk Ingestion in Southern Israel. *Israel Medical Association Journal* 14, 475-478.
- Shuiep, E.S., Kanbar, T., Eissa, N., Alber, J., Lämmler, C., Zschöck, M., El Zubeir, I.E.M., Weiss, R. 2009. Phenotypic and genotypic characterization of *Staphylococcus aureus* isolated from raw camel milk samples. *Research in Veterinary Science* 86, 211-215.
- Simopoulos, A.P. 2004. Omega-6/Omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. *Food Reviews International* 20, 77-90.
- Sixl, W., Stünzner, D., Withalm, H., Köck, M. 1989. Rare transmission mode of FSME (tick-borne encephalitis) by goat's milk. *Geographia Medica Supplement* 2, 11-14.
- Skinner, L.J., Timperley, A.C., Wightman, D., Chatterton, J.M., Ho-Yen, D.O. 1990. Simultaneous diagnosis of toxoplasmosis in goats and goatowner's family. *Scandinavian Journal of Infectious Diseases* 22(3), 359-361.
- Solomakos, N., Govaris, A., Angelidis, A.S., Pournaras, S., Rothi Burriel, A., Kritas, S.K., Papageorgiou, D.K. 2009. Occurrence, virulence genes and antibiotic resistance of *Escherichia coli* O157 isolated from raw bovine, caprine and ovine milk in Greece. *Food Microbiology* 26, 865-871.
- Souci, S.W., Fachmann, W., Kraut, H. 2008. Food Composition and Nutrition Tables, 7th Edition ed. Souci S.W., Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, Germany, pp. 1364.
- Stender, S., Astrup, A., Dyerberg, J. 2008. Ruminant and industrially produced *trans* fatty acids: health aspects. *Food & Nutrition Research* 52, DOI: 10.3402/fnr.v52i0.1651
- Tambekhar, D., Bhutada, S. 2010. Studies on antimicrobial activity and characteristics of bacteriocins produced by *Lactobacillus* strains isolated from milk of domestic animals. *The Internet Journal of Microbiology* 8(12) http://www.ispub.com/journal/the_internet_journal_of_microbiology.html
- Taufik, E., Hildebrandt, G., Kleer, J.N., Wirjantoro, T.I., Kreausukon, K., Zessin, K.H., Baumann, M.P.O., Pasaribu, F.H. 2011. Microbiological Quality of Raw Goat Milk in Bogor, Indonesia. *Media Peternakan* 34(2), 105-111.
- Ten Hag. 2010. Somatic Cell Count Basics for Dairy Sheep. <http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/sheep/facts/sheepmilkscc.htm>
- Tenter, A.M., Heckerth, A.R., Weiss, L.M. 2000. *Toxoplasma gondii*: from animals to humans. *International Journal for Parasitology* 30, 1217-1258.
- Toora, S., Bala, A.S., Tiwari, R.P., Singh, G. 1989. Production of bacteriocin by isolates of *Yersinia enterocolitica* from fresh buffalo milk. *Folia Microbiologica* 34(2), 151-156.
- Turutoglu, H., Mudul, S. 2002. Investigation of *Helicobacter pylori* in Raw Sheep Milk Samples. *Journal of Veterinary Medicine* 49, 308-209.

- Tziboula-Clarke, A. 2002. Goat milk. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences*¹⁴, pp. 1270-1279.
- Uniacke-Lowe, T., 2011. Studies on equine milk and comparative studies on equine and bovine milk systems. PhD Thesis, Chapters 1 & 2, University College Cork.
- Uniacke-Lowe, T., Huppertz, T., & Fox, P.F. 2010. Equine milk proteins: Chemistry, structure and nutritional significance. *International Dairy Journal* 20, 609-629.
- Van Brandt, L. 2011. Detection techniques and strategies for the elimination of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP) in milk and dairy products. Doctoraatproefschrift nr. 965 aan de faculteit Bio-Ingenieurswetenschappen van de K.U.Leuven.
- van den Brom, R., van Engelen, E., Lutikholt, S., Moll, L., van Maanen, K., Vellema, P. 2012. *Coxiella burnetii* in bulk tank milk samples from dairy goat and dairy sheep farms in The Netherlands in 2008. *Veterinary Record* 170(12), 310-315.
- Van den Heever, L.W., Katz, K.W., Te Brugge, L.A. 1982. On the inactivation of *Brucella abortus* in naturally contaminated milk by commercial pasteurization procedures. *Journal of the South African Veterinary Association* 53(4), 233-234.
- Van der Burg, L.J., Muller, I., Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M.M. 2011. De paardenmelkerijen in Nederland en Vlaanderen: productie en gezondheidsaspecten. *Tijdschrift voor Diergeneeskunde* 136(4), 257-261.
- Vamvakaki, A.-N., Zoidou, E., Moatsou, G., Bokari, M., Anifantakis, E. 2006. Residual alkaline phosphatase activity after heat treatment of ovine and caprine milk. *Small Ruminant Research* 65, 237-241.
- Velázquez, M., Feirtag, J.M. *Helicobacter pylori*: characteristics, pathogenicity, detection methods and mode of transmission implication foods and water. *International Journal of Food Microbiology* 53, 95-104.
- Vencatasin, T. 2009. Le lait cru de jument : est-il un lait sain d'un point de vue microbiologique ? Travail de Fin d'Etude en Médecine Vétérinaire, Université de Liège.
- Vergara, H., Landete-Castillejos, T., Garcia, A., Molina, P., Gallego, L. 2003. Concentration of Ca, Mg, K, Na, P and Zn in milk in two subspecies of red deer: *Cervus elaphus hispanicus* and *C. e. scoticus*. *Small Ruminant Research* 47, 77-83.
- Vernozy-Rozand, C., Roze, S. 2003. Bilan des connaissances relatives aux *Escherichia coli* producteurs de Shiga-toxines (STEC). AFSSA report. <http://lesrapports.ladocumentationfrancaise.fr/BRP/054000089/0000.pdf>
- Weed, L.A., Michael, A.C., Harger, R.N. 1943. Fatal Staphylococcus Intoxication from Goat Milk. *American Journal of Public Health* November 1943.
- White, E.C., Hinckley, L.S. 1999. Prevalence of mastitis pathogens in goat milk. *Small Ruminant Research* 33(2), 117-121.
- WHO/FAO. 2007. Protein and amino acid requirements in human nutrition. Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation (WHO Technical Report Series 935). Pp. 265. http://www.who.int/nutrition/publications/nutrientrequirements/WHO_TRS_935/en/index.html
- WHO/FAO. 2004. Vitamin and mineral requirements in human nutrition. 2nd edition. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation, Bangkok, Thailand, 21-30 September 1998. Pp. 341. <http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/9241546123/en/index.html>
- Wills, M.E., Han, V.E.M., Harris, D.A., Baum, J.D. 1982. Short-time low-temperature pasteurization of human milk. *Early Human Development* 7(1), 71-80.
- Wyoming Department of Health. 2008. Food Safety and Protecting Wyoming's Health. <http://www.health.wyo.gov/phsd/epiid/foodsafety.html>
- Xi, B., Li, W.-h., Gao, Y.-q. 2010. Comparative analysis of nutrient components of yak milk from different regions. *Animal Husbandry and Feed Science* 2(6-7), 26-27, 48.
- Younan, M., Estoepangestie, A.T.S., Cengiz, M., Alber, J., El-Sayed, A., Lämmler, C. 2005. Identification and Molecular Characterization of *Streptococcus equi* subsp. *zoepidemicus* Isolated from Camels (*Camelus dromedarius*) and Camel Milk in Kenya en Somalia. *Journal of Veterinary Medicine B* 52, 142-146.
- Zagorska, J., Ciprova, I. 2012. The influence of heat treatment on antimicrobial proteins in milk. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 64, 832-836.
- Zalazar, C., Palma, S., Candiotti, M. 1996. Increase in free sialic acid and gelation in UHT milk. *Australian Journal of Dairy Technology* 51(1).
- Zeng, S.S., Escobar, E.N. 1996. Effect of breed and milking method on somatic cell count, standard plate count and composition of goat milk. *Small Ruminant Research* 19(2), 169-175.
- Zeng, S.S., Escobar, E.N. 1995. Effect of parity and milk production on somatic cell count, standard plate count and composition of goat milk. *Small Ruminant Research* 17(3), 269-274.
- Zweifel, C., Muehlherr, J.E., Ring, M., Stephan, R. 2005. Influence of different factors in milk production on standard plate count of raw small ruminant's bulk-tank milk in Switzerland. *Small Ruminant Research* 58(1), 63-70.

Membres du Comité scientifique

Le Comité scientifique est composé des membres suivants :

D. Berkvens, A. Clinquart, G. Daube, P. Delahaut, B. De Meulenaer, L. De Zutter, J. Dewulf, P. Gustin, L. Herman, P. Hoet, H. Imberechts, A. Legrève, C. Matthys, C. Saegerman, M.-L. Scippo, M. Sindic, N. Speybroeck, W. Steurbaut, E. Thiry, M. Uyttendaele, T. van den Berg, C. Van Peteghem

Conflits d'intérêts

Aucun conflit d'intérêts n'a été constaté.

Remerciements

Le Comité scientifique remercie la Direction d'encadrement pour l'évaluation des risques et les membres du groupe de travail pour la préparation du projet d'avis. Le groupe de travail était composé de :

Membres du Comité scientifique	L. Herman (rapporteur), G. Daube, L. De Zutter, H. Imberechts,
Experts externes	K. Dewettinck (UGent), J. De Block (ILVO), K. Dierick (ISP), A. Huyghebaert (UGent), K. Raes (Howest)

Le Comité scientifique remercie E. Daeseleire (ILVO), M. Uyttendaele (Sci Com, UGent) et L. Pussemier (CERVA) pour le peer review de l'avis.

Conflit d'intérêts

Aucun conflit d'intérêts n'a été constaté auprès des experts.

Cadre juridique de l'avis

Loi du 4 février 2000 relative à la création de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire, notamment l'article 8 ;

Arrêté royal du 19 mai 2000 relatif à la composition et au fonctionnement du Comité scientifique institué auprès de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire ;

Règlement d'ordre intérieur visé à l'article 3 de l'arrêté royal du 19 mai 2000 relatif à la composition et au fonctionnement du Comité scientifique institué auprès de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire, approuvé par le Ministre le 9 juin 2011.

Disclaimer

Le Comité scientifique conserve à tout moment le droit de modifier cet avis si de nouvelles informations et données sont mises à sa disposition après la publication de la présente version.

Annexe 1 Nombre de cellules somatiques dans le lait cru

Nombre moyen de cellules somatiques en cellules/ml avec, entre parenthèses, le nombre d'échantillons analysés s'il est connu	Remarques	Pays	Référence
Vache			
222.911,6 (277.732) écart standard : 201,242 242.082,844 (185.752) écart standard : 134.152,861	déterminé par une évaluation de la qualité des données de routine du lait de vache cru en Belgique	Belgique	Source : MCC Vlaanderen, 2011 Source : Comité du Lait, 2011
Caprin			
1.349.472 ¹ (2.648) écart standard : 906.079		Belgique	Source : MCC-Vlaanderen & Comité du Lait, 2009-2012
415.000	lait de 397 chèvres de 15 troupeaux	Autriche	Pernthaner <i>et al.</i> , 1991
990.000	début de lactation	Grèce	Anifantakis, 1993
1.900.000	fin de lactation	Grèce	Anifantakis, 1993
990.000 (60)		Italie	Foschino <i>et al.</i> , 2002
908.000		Etats-Unis	Park & Humphrey, 1986
682.000	jour 150-180 de lactation	Etats-Unis	Park, 1991
1.320.000		Etats-Unis	Droke <i>et al.</i> , 1993
1.200.000		Etats-Unis	Zeng & Escobar, 1995
930.000		Etats-Unis	Zeng & Escobar, 1996
462.000 (25)		Etats-Unis	D'Amico & Donnelly, 2010
Ovin			
71.000	lait de 404 brebis de 23 troupeaux	Autriche	Pernthaner <i>et al.</i> , 1991
888.000 (21.685)		Espagne	Gonzalo <i>et al.</i> , 2005
935.494 (68.781)		Espagne	Gonzalo <i>et al.</i> , 2010
1.122.018 (81)		Grèce	Alexopoulos <i>et al.</i> , 2011
66.254 (384)		Bulgarie	Panayotov <i>et al.</i> , 2011
363.000 (15)		Etats-Unis	D'Amico & Donnelly, 2010
Cheval			
29.883 (2)	1 échantillon réfrigéré et 1 échantillon	Belgique	Source : ILVO, 2010-2011

écart standard : 19.799	congelé		
194.000 (150)	1 jour après l'accouchement	Pologne	Danków <i>et al.</i> , 2006
92.000 (150)	jour 1-5 de lactation	Pologne	Danków <i>et al.</i> , 2006
46.000 (150)	jour 15-150 de lactation	Pologne	Danków <i>et al.</i> , 2006
Âne			
12.303	lait de 14 ânesses	Croatie	Ivanković <i>et al.</i> , 2009

¹ On a systématiquement employé la limite de détection pour les quantités supérieures à celle-ci. Il est donc possible que l'on ait sous-estimé les quantités moyennes.

Annexe 2 Nombre de germes totaux dans le lait cru

Nombre moyen de germes totaux en ufc/ml avec, entre parenthèses, le nombre d'échantillons analysés s'il est connu	Remarques	Pays	Référence
Vache			
11.130,78 (137.973) écart standard : 415,739 20.527,4805 (91.215) écart standard : 119.466,8	déterminé par un contrôle de la qualité des données de routine du lait de vache cru en Belgique	Belgique	Source : MCC Vlaanderen, 2011 Source : Comité du Lait, 2011
Caprin			
42.751 ¹ (2.098) écart standard : 218.895		Belgique	Source : MCC-Vlaanderen & Comité du Lait, 2009-2012
25.091 (100)	nombre de germes totaux aérobies	Royaume-Uni	Little & de Louvois, 1999
50.000 (60)	nombre de germes standard	Italie	Foschino <i>et al.</i> , 2002
36.000 000	nombre total de bactéries ; chèvres issues d'un élevage extensif	Grèce	Morgan <i>et al.</i> , 2003
40.000.000	nombre total de bactéries ; chèvres issues d'un élevage extensif	Portugal	Morgan <i>et al.</i> , 2003
108.000	nombre total de bactéries ; chèvres issues d'un élevage extensif	France	Morgan <i>et al.</i> , 2003
48.978 (344)	nombre de germes standard	Suisse	Muehlherr <i>et al.</i> , 2003 ; Zweifel <i>et al.</i> , 2005
25.400	nombre de germes totaux	États-Unis	Park & Humphrey, 1986
38.900	nombre de germes standard; jours 150-180 de lactation	États-Unis	Park, 1991
9.500	nombre de germes standard	États-Unis	Zeng & Escobar, 1995
910	nombre de germes standard	États-Unis	Zeng & Escobar, 1996
489.779 (30)	nombre de germes totaux	Indonésie	Taufik <i>et al.</i> , 2011
Ovin			
36.457 (26)	nombre de germes aérobies	Royaume-Uni	Little & de Louvois, 1999
61.660 (63)	nombre de germes standard	Suisse	Muehlherr <i>et al.</i> , 2003 ; Zweifel <i>et al.</i> , 2005
112.073 (68.781)	nombre de germes totaux	Espagne	Gonzalo <i>et al.</i> , 2010
301.995 (155)	nombre de germes totaux	Grèce	Alexopoulos <i>et al.</i> , 2011
Cheval			

13.984 ^{2,3} (260) écart standard : 557.204	germes et germes totaux aérobies ; échantillons réfrigérés et congelés	Belgique	Source : ILVO, 2005-2012
46.000 (150)	nombre de micro-organismes totaux, jours 1-5 de lactation	Pologne	Danków <i>et al.</i> , 2006
37.000 (150)	nombre de micro-organismes totaux, jours 15-150 de lactation	Pologne	Danków <i>et al.</i> , 2006
Ane			
39.310 ² (28) écart standard : 143.392	germes et germes totaux aérobies ; échantillons réfrigérés et congelés	Belgique	Source : ILVO, 2007-2012
3.802	nombre total de bactéries ; échantillons de lait de 14 ânesses	Croatie	Ivanković <i>et al.</i> , 2009
Chameau			
191.431 ¹ (4) écart standard : 165.520	germes et nombre de germes totaux aérobies	Belgique	Source : ILVO, 2010
Buffle			
446.000 ¹ (42)	nombre de germes totaux aérobies mésophiles	Roumanie	Coroian <i>et al.</i> , 2010
389.045 (112)	nombre de germes totaux aérobies mésophiles	Chine	Han <i>et al.</i> , 2007

¹ On a systématiquement employé la limite de détection pour les quantités supérieures à celle-ci. Il est donc possible que l'on ait sous-estimé les quantités moyennes.

² On a systématiquement employé la limite de détection pour les quantités supérieures ou inférieures à celle-ci. Il est donc possible que l'on ait surestimé ou sous-estimé les quantités moyennes.

³ Si la limite inférieure de détection était inconnue, une limite de détection de 1 ufc/ml a été supposée.

Annexe 3 Liste des agents pathogènes humains pertinents qui peuvent être trouvés dans les exploitations laitières et qui peuvent donc contaminer le lait cru

	Vache		Caprin		Ovin		Cheval		Ane		Chameau		Lama		Buffle		Yack		Renne		
	Endogène	Exogène	Endogène	Exogène	Endogène	Exogène	Endogène	Exogène	Endogène	Exogène	Endogène	Exogène	Endogène	Exogène	Endogène	Exogène	Endogène	Exogène	Endogène	Exogène	
	Régulièrement en Belgique																				
<i>Bacillus cereus</i>		X		X		X		X		X											
<i>Campylobacter coli</i>		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
<i>Campylobacter jejuni</i>		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
<i>Coxiella burnetii</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Helicobacter pylori</i> ▲		X		X		X		?		?		X		?		X		?		?	
<i>E. coli</i> pathogène pour l'homme		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
<i>Listeria monocytogenes</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Mycobacterium avium</i> subsp. <i>paratuberculosis</i> ▲	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	?	?	?	?	X	X	X	X	X	X	
<i>Salmonella</i>	X	X	X	X	X	X	?	X	?	X	X	X	?	?	?	?	?	?	?	?	
<i>Streptococcus agalactiae</i>	X		X		X		X		X		X		?		?		?		?		
<i>Streptococcus equi</i> subsp. <i>zooepidemicus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	?	?	?	?	?	?	?	?	
<i>Cryptosporidium parvum</i>		X		X		X		X		X		?		?		?		?		?	
<i>Toxoplasma gondii</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	?	?	?	?	?	?	?	?	
	Rarement en Belgique																				
<i>Bacillus anthracis</i>		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
<i>Brucella abortus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	?	?	X	X	X	X	?	?	
<i>Brucella suis</i>	X	X																	X	X	
Toxines de <i>Clostridium botulinum</i> (sérotypes B, C et D)	X		X		X		X		X		?		?		?		?		?		
<i>Leptospira</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
<i>Mycobacterium bovis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	?	?	?	?	X	X	X	X	?	?	

<i>Staphylococcus aureus</i> producteur d'entérotoxine	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Yersinia enterocolitica</i> pathogène pour l'homme		X		X		X							?		?		X		?		?	
<i>Yersinia pseudotuberculosis</i>	X	X	X	X									?	?	?	?	?	?	?	?	?	
	Pas en Belgique																					
<i>Brucella melitensis</i>			X	X	X	X						X	X	?	?	?	?	?	?	?	?	
Virus de l'encéphalite à tiques	X		X		X								?		?		?		?		?	

Légende

endogène contamination endogène : le lait est contaminé par transfert direct à partir du sang (infection systémique) ou par l'intermédiaire d'une inflammation du pis

exogène contamination exogène : le lait est contaminé par les matières fécales, la peau ou l'environnement (contamination externe pendant ou après la traite)

X peuvent se trouver dans les exploitations laitières et par conséquent contaminer le lait cru

? aucune information disponible

▲ caractère zoonotique non prouvé

Annexe 4 Liste non exhaustive des cas humains rapportés et des épidémies liés à la consommation de lait de chèvre cru

Agent pathogène	Lieu	Année	Cas	Référence
<i>E. coli</i> O157 :H7	République tchèque	1995	4 cas de SHU (enfants), 1 cas de diarrhée légère et 4 cas asymptomatiques	Bielaszewska <i>et al.</i> , 1997
	Canada	2001	5 enfants, dont 3 avec diarrhée sanglante et 2 avec SHU et hospitalisés	McIntyre <i>et al.</i> , 2002 ; Milk Facts, 2012
	Etats-Unis	2008	2 cas de SHU (enfants âgés de 1 à 9 ans) et 2 cas, dont 3 confirmés en laboratoire	Marler, 2009 ; Milk Facts, 2012; Real Raw Milk Facts, 2012
<i>E. coli</i> O157:H-	Autriche	2001	1 cas de diarrhée sanglante (enfant de 9 ans)	Allerberger <i>et al.</i> , 2001
<i>E. coli</i> sp.	Etats-Unis	2009	1 cas de SHU (enfant)	Wyoming Department of Health, 2008
<i>E. coli</i> O157:H7 et/ou <i>Campylobacter jejuni</i>	Etats-Unis	2010	30 cas, dont 2 cas de SHU et 47 cas asymptomatiques, dont 11 cas confirmés en laboratoire : 6 <i>Campylobacter</i> , 2 <i>E. coli</i> O157, 3 <i>Campylobacter</i> et <i>E. coli</i> O157	Boulder County Public Health, 2010 ; Milk Facts, 2012; Real Raw Milk Facts, 2012
<i>Campylobacter jejuni</i>	Etats-Unis	1983	4 cas	Harris <i>et al.</i> , 1987
		1991	3 cas	Marler, 2007
		2005	11 cas, dont 3 hospitalisations	Real Raw Milk Facts, 2012
		2012	18 cas	Real Raw Milk Facts, 2012
<i>Campylobacter</i> sp.	Etats-Unis	2007	60 cas (également par du lait de vache cru)	Milk Facts, 2012
<i>Brucella melitensis</i>	Espagne	2006	9 cas dans 2 familles d'immigrants marocains	Ramos <i>et al.</i> , 2008
<i>Brucella</i> sp.	Etats-Unis	2006	5 cas, dont 3 hospitalisations	Real Raw Milk Facts, 2012
<i>Brucella</i> sp.	Namibie		1 famille et 1 cas par la consommation de lait cru de chèvre, de fromage à base de lait cru de chèvre et de café avec du lait cru	Magwedere <i>et al.</i> , 2011
<i>Coxiella burnetii</i>	France	1992	9 cas (clinique psychiatrique)	NVWA, 2006
Entérotoxine de <i>Staphylococcus aureus</i>	Etats-Unis	1942	3 cas de vomissements et de purge, dont 2 décédés (enfants âgés de 3 et 4 ans)	Weed <i>et al.</i> , 1943

hémolytique (1 chèvre atteinte de mammite)				
Virus de l'encéphalite à tiques	Slovaquie	1951	660 cas, dont 261 avec encéphalite et 271 hospitalisés	Balogh <i>et al.</i> , 2010 ; Kríz <i>et al.</i> , 2009
		1993	7 cas (famille) d'encéphalite à tiques et hospitalisés	Kohl <i>et al.</i> , 1996
	/	/	2 cas d'encéphalite à tiques (couple de personnes âgées)	Sixl <i>et al.</i> , 1989
	Pologne	1995	15 cas présentant des symptômes neurologiques et hospitalisés, 33 cas avec des symptômes grippaux et 15 cas asymptomatiques	Matuszczyk <i>et al.</i> , 1997
	Estonie	2005	15 cas avec des symptômes grippaux, 4 cas de vomissements et 8 cas avec symptômes neurologiques et hospitalisés	Kerbo <i>et al.</i> , 2005
	Hongrie	2007	154 personnes exposées, 31 cas, dont 25 cas d'encéphalite à tiques	Balogh <i>et al.</i> , 2010
<i>Toxoplasma gondii</i>	Grande-Bretagne	1988	1 cas de maladie de type mononucléose (13 ans) et 1 cas avec un syndrome grippal (15 ans)	Skinner <i>et al.</i> , 1990
	Etats-Unis	1973	1 cas de toxoplasmose (nourrisson)	Riemann <i>et al.</i> , 1975
	Etats-Unis	1978	1 cas de chorioretinite et 9 cas asymptomatiques	Sacks <i>et al.</i> , 1982

Annexe 5 Liste non exhaustive des cas humains rapportés et des épidémies liés à la consommation de lait de chamelle cru

Agent pathogène	Lieu	Année	Cas	Référence
<i>Brucella abortus</i>	/	/	1 cas d'endocardite et de coagulation intravasculaire disséminée	Almér, 1985
<i>Brucella abortus</i> et <i>melitensis</i>	Arabie saoudite	2007/8	2 cas (femme et homme)	Kalimuddin <i>et al.</i> , 2010
<i>Brucella</i> sp.	Arabie saoudite	2011	1 cas de manifestation de brucellose dans les tissus mous de la paroi thoracique	Al-Ayed <i>et al.</i> , 2011
<i>Brucella melitensis</i>	Israël	2011	15 cas de brucellose aiguë	Shimol <i>et al.</i> , 2012

Annexe 6 Fréquences d'isolement de micro-organismes pathogènes pour l'homme dans le lait cru provenant d'espèces autres que les vaches

Espèce animale	Fréquence d'isolement en % avec, entre parenthèses, le nombre d'échantillons, s'il est connu	Remarques	Pays	Référence
<i>Salmonella</i> spp.				
Caprin	0 (94)		Royaume-Uni	FSA, 1997-1998
	0 (286)	lait de mélange	Royaume-Uni	FSA, 1997-1999
	0 (100)		Royaume-Uni	Little & de Louvois, 1999
	0 (60)		Italie	Foschino <i>et al.</i> , 2002
	0 (344)	lait de mélange	Suisse	Muehlherr <i>et al.</i> , 2003
	0		Grèce, Portugal, France	Morgan <i>et al.</i> , 2003
	0 (27)	absent dans 25 g ; échantillons de lots	République tchèque, Roumanie	EFSA, 2012a
	0 (25)		Costa Rica	Araya <i>et al.</i> , 2008
	0 (133)	échantillons laitiers de vaches, chèvres et brebis	Etats-Unis	D'Amico <i>et al.</i> , 2008
	0 (25)		Etats-Unis	D'Amico & Donnelly, 2010
Ovin	0 (17)		Royaume-Uni	FSA, 1997-1998
	0 (90)	lait de mélange	Royaume-Uni	FSA, 1997-1999
	0 (26)		Royaume-Uni	Little & de Louvois, 1999
	0 (63)	lait de mélange	Suisse	Muehlherr <i>et al.</i> , 2003
	5 (240)		Grèce	Fotou <i>et al.</i> , 2011
	0 (133)	échantillons laitiers de vaches, chèvres et brebis	Etats-Unis	D'Amico <i>et al.</i> , 2008
	0 (15)		Etats-Unis	D'Amico & Donnelly, 2010
Cheval	0 (13)	absence dans 25 ml ou g	Belgique	Source : ILVO, 2006-2011
	0 (23)	lait frais et congelé	Pays-Bas	de Jager, 2009
Ane	0	3 fois bassin de lait de 8 ânesses	Serbie	Šarić <i>et al.</i> , 2012
Chameau	9,52 (21)	lait de chamelles atteintes de mammites cliniques	Irak	Al-Tofaily & Al rodhan,

				2011
Buffle	0 (8)	lait de mélange	Royaume-Uni	FSA, 1997-1999
	0 (22)		Roumanie	Pece <i>et al.</i> , 2009
	0 (42)		Roumanie	Coroian <i>et al.</i> , 2010
<i>Campylobacter</i> spp.				
Caprin	0 (94)		Royaume-Uni	FSA, 1997-1998
	0 (286)	lait de mélange	Royaume-Uni	FSA, 1997-1999
	0 (100)		Royaume-Uni	Little & de Louvois, 1999
	0 (344)	lait de mélange	Suisse	Muehlherr <i>et al.</i> , 2003
	0 (24)		Tanzanie	Jiwa <i>et al.</i> , 1994
Ovin	0 (17)		Royaume-Uni	FSA, 1997-1998
	2,22 (90)	lait de mélange	Royaume-Uni	FSA, 1997-1999
	0 (26)		Royaume-Uni	Little & de Louvois, 1999
	0 (63)	lait de mélange	Suisse	Muehlherr <i>et al.</i> , 2003
	0 (240)		Grèce	Fotou <i>et al.</i> , 2011
Cheval	0 (23)	lait frais et congelé	Pays-Bas	de Jager, 2009
Buffle	0 (8)	lait de mélange	Royaume-Uni	FSA, 1997-1999
<i>E. coli</i> pathogène pour l'homme				
Caprin	0 (94)	<i>E. coli</i> O157	Royaume-Uni	FSA, 1997-1998
	0,70 (286)	<i>E. coli</i> O157 ; lait de mélange ; 1 des 2 isolats vt-positif	Royaume-Uni	FSA, 1997-1999
	0 (100)	<i>E. coli</i> O157:H7	Royaume-Uni	Little & de Louvois, 1999
	1,7 (60)	<i>E. coli</i> O157:H7	Italie	Foschino <i>et al.</i> , 2002
	0 (100)	<i>E. coli</i> O157:H7	Grèce	Dontorou <i>et al.</i> , 2003
	16,3 (344)	vt positive ; lait de mélange	Suisse	Muehlherr <i>et al.</i> , 2003
	0 (11)	<i>E. coli</i> O157:H7, vt-positif ; lait de mélange	Espagne	Cortés <i>et al.</i> , 2005
	13,7 (73)	PCR positive (vt, eae, ehxA) pour l' <i>E. coli</i> O157 ; 6,8 % vt positive ; 1,4 % <i>E. coli</i> O157:H7	Espagne	Rey <i>et al.</i> , 2006
	0,65 (460)	<i>E. coli</i> O157 ; 0,43 % PCR positive et <i>E. coli</i> O157:H7 (vt1 et/ou vt2, eae, ehxA)	Grèce	Solomakos <i>et al.</i> , 2009
	0 (86)	<i>E. coli</i> pathogène; absence dans 25 g ou non spécifié ; échantillons de lots et échantillons individuels	Bulgarie, Autriche	EFSA, 2012a
	0,75 (49)	<i>E. coli</i> O157:H7	Etats-Unis	D'Amico <i>et al.</i> , 2008
	0 (25)	<i>E. coli</i> O157:H7	Etats-Unis	D'Amico & Donnelly, 2010

Ovin	0 (17)	<i>E. coli</i> O157	Royaume-Uni	FSA, 1997-1998
	0 (90)	<i>E. coli</i> O157 ; lait de mélange	Royaume-Uni	FSA, 1997-1999
	0 (26)	<i>E. coli</i> O157:H7	Royaume-Uni	Little & de Louvois, 1999
	1 (100)	<i>E. coli</i> O157:H7, <i>vt1</i> et <i>vt2</i> positif	Grèce	Dontorou <i>et al.</i> , 2003
	12,7 (344)	<i>vt</i> positive ; lait de mélange	Suisse	Muehlherr <i>et al.</i> , 2003
	10,1 (287)	PCR positive (<i>vt</i> , <i>eae</i> , <i>ehxA</i>) pour l' <i>E. coli</i> O157 ; 1,4 % <i>vt</i> positive ; 0 % <i>E. coli</i> O157:H7	Espagne	Rey <i>et al.</i> , 2006
	0,84 (595)	<i>E. coli</i> O157 ; 0,50 % PCR positive et <i>E. coli</i> O157:H7 (<i>vt1</i> et/ou <i>vt2</i> , <i>eae</i> , <i>ehxA</i>)	Grèce	Solomakos <i>et al.</i> , 2009
	0 (22)	<i>E. coli</i> O157:H7	États-Unis	D'Amico <i>et al.</i> , 2008
	0 (15)	<i>E. coli</i> O157:H7	États-Unis	D'Amico & Donnelly, 2010
Cheval	0 (23)	<i>E. coli</i> O157:H7 ; lait frais et congelé	Pays-Bas	de Jager, 2009
Buffle	0 (8)	<i>E. coli</i> O157 ; lait de mélange	Royaume-Uni	FSA, 1997-1999
	0,6 (160)	<i>E. coli</i> O26	Italie	Lorusso <i>et al.</i> , 2009
	1,4 (213)	<i>E. coli</i> O157:H7 ; lait de mélange	Turquie	Seker & Yardimci, 2008
Yack	0 (87)	<i>E. coli</i> O157	Inde	Bandyopadhyay <i>et al.</i> , 2012
	22,2 (87)	Gènes de virulence pour VTEC ou EPEC	Inde	Bandyopadhyay <i>et al.</i> , 2012
<i>Listeria monocytogenes</i>				
Caprin	0	<i>L. spp.</i> ; 35 exploitations caprines	France	Dumoulin & Peretz, 1993
	0,8 (480)		Royaume-Uni	Greenwood <i>et al.</i> , 1991
	0,4 (480)	<i>L. spp.</i> autre que <i>L. monocytogenes</i>	Royaume-Uni	Greenwood <i>et al.</i> , 1991
	2,56 (1.445)	lait de mélange	Espagne	Gaya <i>et al.</i> , 1996
	2,10 (286)	lait de mélange	Royaume-Uni	FSA, 1997-1999
	0 (100)	idem pour <i>L. spp.</i>	Royaume-Uni	Little & de Louvois, 1999
	0 (60)		Italie	Foschino <i>et al.</i> , 2002
	0	<i>L. spp.</i>	Grèce, Portugal, France	Morgan <i>et al.</i> , 2003
	0	53 exploitations laitières de chèvres et de brebis	Autriche	Schoder <i>et al.</i> , 2010
	0 (10)	échantillons de lots et échantillons individuels ; détection + comptage	Autriche, République tchèque	EFSA, 2012a
	3,8 (450)	lait de mélange	Etats-Unis	Abou-Elainin <i>et al.</i> , 2000
	0 (25)		Costa Rica	Araya <i>et al.</i> , 2008
	0 (25)		Etats-Unis	D'Amico & Donnelly, 2010
	7,8 (450)	<i>L. spp.</i> lait de mélange	Etats-Unis	Abou-Elainin <i>et al.</i> , 2000

Ovin	1,8 (56)		Royaume-Uni	Greenwood <i>et al.</i> , 1991
	0 (56)	<i>L. spp.</i> autre que <i>L. monocytogenes</i>	Royaume-Uni	Greenwood <i>et al.</i> , 1991
	3,33 (90)	lait de mélange	Royaume-Uni	FSA, 1997-1999
	0 (26)	Idem pour <i>L. spp.</i>	Royaume-Uni	Little & de Louvois, 1999
	0	53 exploitations laitières de chèvres et de brebis	Autriche	Schoder <i>et al.</i> , 2010
	0 (240)	<i>L. spp.</i>	Grèce	Fotou <i>et al.</i> , 2011
	0 (15)		Etats-Unis	D'Amico & Donnelly, 2010
Cheval	0 (21)	absence dans 25 ml ou g	Belgique	Source : ILVO, 2006-2011
	0 (19)	absence dans 25 ml ou g ; <i>L. spp.</i>	Belgique	Source : ILVO, 2006-2011
	0 (23)	lait frais et congelé	Pays-Bas	de Jager, 2009
Buffle	25 (8)	lait de mélange	Royaume-Uni	FSA, 1997-1999
	6,25 (64)	26,23 % <i>L. spp.</i>	Inde	Barbuddhe <i>et al.</i> , 2002
	0 (112)		Chine	Han <i>et al.</i> , 2007
<i>Staphylococcus aureus</i>				
Caprin	49,1 (1.350)	<i>S. spp.</i> 17,3 % <i>S. aureus</i> (de 694 isolats)	Grèce	Kalogridou-Vassiliadou, 1991
	10 (94)		Royaume-Uni	FSA, 1997-1998
	9,44 (286)	lait de mélange	Royaume-Uni	FSA, 1997-1999
	15 (100)		Royaume-Uni	Little & de Louvois, 1999
	43 (60)	dont 23 % entérotoxigène	Italie	Foschino <i>et al.</i> , 2002
	90 (60)	<i>S.</i> à coagulase positive, dont 0 % d'entérotoxigène	Italie	Foschino <i>et al.</i> , 2002
	31,7 (344)	lait de mélange	Suisse	Muehlherr <i>et al.</i> , 2003
	96,2 (213)	dont 57,3 % des isolats produisant une entérotoxine	Norvège	Jørgensen <i>et al.</i> , 2005
	38,2 (406)	non hémolytique <i>S. spp.</i> (agent de la mammite)	Etats-Unis	White & Hinckley, 1999
	11,0 (117)	(agent de la mammite)	Etats-Unis	White & Hinckley, 1999
	48 (25)		Etats-Unis	D'Amico & Donnelly, 2010
	< 1 (896)	4 troupeaux	République populaire de Chine	Ryan & Greenwood, 1990
	13,3 (896)	<i>S.</i> à coagulase négative	Australie	Ryan & Greenwood, 1990
	37,70	<i>S.</i> à coagulase positive	Indonésie	Taufik <i>et al.</i> , 2011
	76,7	<i>S.</i> à coagulase positive ; lait de mélange	Indonésie	Taufik <i>et al.</i> , 2011
Ovin	21 (17)		Royaume-Uni	FSA, 1997-1998
	56,67 (90)	lait de mélange	Royaume-Uni	FSA, 1997-1999

	35 (26)		Royaume-Uni	Little & de Louvois, 1999
	33,3 (63)	lait de mélange	Suisse	Muehlherr <i>et al.</i> , 2003
	24 (240)		Grèce	Fotou <i>et al.</i> , 2011
	100 (71)	en moyenne 3,94 log ufc/ml	Grèce	Alexopoulos <i>et al.</i> , 2011
	47 (15)		Etats-Unis	D'Amico & Donnelly, 2010
Cheval	13 (23)	lait frais et congelé	Pays-Bas	de Jager, 2008
Ane	4,95 (101)	dont 0 % avec des gènes d'entérotoxine ou de toxine du syndrome de choc toxique	Italie	Pilla <i>et al.</i> , 2010
	0	S. à coagulase positive ; 3 fois bassin de lait de 8 ânesses	Serbie	Šarić <i>et al.</i> , 2012
Chameau	8,8 (320)	dont 10,7 % avec des gènes d'entérotoxine	Soudan	Shuiep <i>et al.</i> , 2009
	28,57 (21)	lait de chamelles atteintes de mammite clinique	Irak	Al-Tofaily & Al rodhan, 2011
Buffle	21,5 (8)	lait de mélange	Royaume-Uni	FSA, 1997-1999
	0 (42)		Roumanie	Coroian <i>et al.</i> , 2010
	10,8 (548)	S. spp., tous les <i>S. aureus</i> ont produit au moins une toxine	Brésil	Oliveira <i>et al.</i> , 2011
	11,1 (548)	souches à coagulase positive	Brésil	Oliveira <i>et al.</i> , 2011
	83,3 (548)	souches à coagulase négative	Brésil	Oliveira <i>et al.</i> , 2011
	5,6 (548)	souches à coagulase négative et positive	Brésil	Oliveira <i>et al.</i> , 2011
	76 (112)		Chine	Han <i>et al.</i> , 2007
Bacillus cereus				
Caprin	29,9 (1350)	<i>B. spp.</i> ; 34,4 % <i>B. coagulans</i> et 23,4 % <i>B. licheniformis</i> (de 338 isolats)	Grèce	Kalogridou-Vassiliadou, 1991
Ovin	29 (240)	<i>B. spp.</i>	Grèce	Fotou <i>et al.</i> , 2011
Streptococcus spp.				
Caprin	1,9 (1.350)		Grèce	Kalogridou-Vassiliadou, 1991
	4 (100)	<i>S. hémolytique</i>	Royaume-Uni	Little & de Louvois, 1999
	4,1 (43)	(agent de la mammite)	Etats-Unis	White & Hinckley, 1999
	0,6 (896)	4 troupeaux	Australie	Ryan & Greenwood, 1990
Ovin	23 (26)	<i>S. hémolytique</i>	Royaume-Uni	Little & de Louvois, 1999
	100 (65)	en moyenne 4,95 log ufc/ml	Grèce	Alexopoulos <i>et al.</i> , 2011
Ane	1,98 (101)	<i>S. equi</i>	Italie	Pilla <i>et al.</i> , 2010
	0,99 (101)	<i>S. equisimilis</i>	Italie	Pilla <i>et al.</i> , 2010

Chameau	9,52 (21)	<i>S. agalactiae</i> ; lait de chamelles atteintes de mammite clinique	Irak	Al-Tofaily & Al rodhan, 2011
<i>Coxiella burnetii</i>				
Caprin	1,8 (56)	lait de mélange	Iran	Rahimi <i>et al.</i> , 2008
	4,5 (110)	lait de mélange	Iran	Rahimi <i>et al.</i> , 2011
Ovin	0 (110)	lait de mélange	Iran	Rahimi <i>et al.</i> , 2008
	5,7 (140)	lait de mélange	Iran	Rahimi <i>et al.</i> , 2011
Chameau	1,4 (70)	lait de mélange	Iran	Rahimi <i>et al.</i> , 2011
<i>Helicobacter pylori</i>				
Caprin	25,6 (160)		Italie	Quaglia <i>et al.</i> , 2008
	8,7 (103)		Iran	Rahimi <i>et al.</i> , 2012
Ovin	60,3 (51)		Sardaigne	Dore <i>et al.</i> , 1999
	60 (63)		Sardaigne	Dore <i>et al.</i> , 2001
	33 (130)		Italie	Quaglia <i>et al.</i> , 2008
	0 (440)		Turquie	Turutoglu & Mudul, 2002
	12,2 (90)		Iran	Rahimi <i>et al.</i> , 2012
Buffle	23,4 (64)		Iran	Rahimi <i>et al.</i> , 2012
Chameau	3,6 (55)		Iran	Rahimi <i>et al.</i> , 2012
<i>Mycobacterium avium</i> subsp. <i>paratuberculosis</i>				
Caprin	0 (286)	lait de mélange	Royaume-Uni	FSA, 1997-1999
	1,1 (90)	PCR positif, pas d'isolation ; lait de mélange	Royaume-Uni	Grant <i>et al.</i> , 2001
	23,0 (344)	lait de mélange	Suisse	Muehlherr <i>et al.</i> , 2003
Ovin	0 (90)	lait de mélange	Royaume-Uni	FSA, 1997-1999
	0 (14)	lait de mélange	Royaume-Uni	Grant <i>et al.</i> , 2001
	23,8 (63)	lait de mélange	Suisse	Muehlherr <i>et al.</i> , 2003
Buffle	0 (8)	lait de mélange	Royaume-Uni	FSA, 1997-1999
	21,7 (23)	<i>M. non tuberculeuse</i>	Brésil	Jordão Junior <i>et al.</i> , 2009
	0 (23)	<i>M. bovis</i>	Brésil	Jordão Junior <i>et al.</i> , 2009
Virus de l'encéphalite à tiques				
Caprin	20,7 (29)	via RT-PCR	Zone à risque en Pologne	Cisak <i>et al.</i> , 2010
Ovin	22,2 (27)	via RT-PCR	Zone à risque en Pologne	Cisak <i>et al.</i> , 2010

Annexe 7 Evaluation des risques microbiologiques liés au lait cru de caprins, d'ovins, de chevaux et d'ânes en Belgique

Micro-organisme pathogène pour l'homme	Présent dans les exploitations laitières en Belgique (voir Annexe 3) R = régulièrement, Z = rarement				Présence avérée dans le lait cru à l'étranger (voir Annexe 6)				Responsable des foyers enregistrés suite à la consommation de lait cru à l'étranger (voir Annexe 4)			
	Caprin	Ovin	Cheval	Ane	Caprin	Ovin	Cheval	Âne	Caprin	Ovin	Cheval	Ane
<i>Bacillus cereus</i>	R	R	R	R	X ¹	X ¹						
<i>Campylobacter</i> spp.	R	R	R	R		X			X			
<i>Coxiella burnetii</i>	R	R	R	R	X	X			X			
<i>Helicobacter pylori</i>	R	R			X	X						
<i>E. coli</i> pathogène pour l'homme	R	R	R	R	X	X			X			
<i>Listeria monocytogenes</i>	R	R	R	R	X	X						
<i>Mycobacterium avium</i> subsp. <i>paratuberculosis</i>	R	R	R	R	X	X						
<i>Salmonella</i> spp.	R	R	R	R		X						
<i>Streptococcus</i> spp.	R	R	R	R	X	X	X	X				
<i>Cryptosporidium parvum</i>	R	R	R	R								
<i>Toxoplasma gondii</i>	R	R	R	R					X			
<i>Brucella</i> spp.	Z	Z	Z	Z	X				X			
<i>Staphylococcus aureus</i> producteur d'entérotoxines	Z	Z	Z	Z	X	X	X	X	X			
Virus de l'encéphalite à tiques	Z	Z			X	X			X			
<i>Mycobacterium bovis</i>	Z	Z	Z	Z								

¹ *Bacillus* spp.

Annexe 8 Evaluation des risques microbiologiques liés au lait cru provenant d'espèces autres que les vaches, les caprins, les ovins, les chevaux et les ânes dans les pays autres que la Belgique

	Présence avérée dans le lait cru (voir Annexe 6)					Responsable des foyers enregistrés suite à la consommation de lait cru (voir Annexe 5)				
	Chameau	Lama	Buffle	Yack	Renne	Chameau	Lama	Buffle	Yack	Renne
<i>Brucella</i> spp.	X		X		X	X				
<i>Salmonella</i> spp.	X									
<i>Staphylococcus aureus</i> producteur d'entérotoxine	X		X							
<i>Streptococcus</i> spp.	X									
<i>Coxiella burnetii</i>	X									
<i>Helicobacter pylori</i>	X		X							
<i>Toxoplasma gondii</i>	X									
<i>E. coli</i> pathogène pour l'homme			X	X						
<i>Listeria monocytogenes</i>			X							
<i>Mycobacterium avium</i> subsp. <i>paratuberculosis</i>			X							
<i>Yersinia enterocolitica</i> pathogène pour l'homme			X							