

CHAPITRE I

Généralités sur le lait

I.1 Définition

Le lait est un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré, sécrété par les glandes mammaires de la femme et par celles des mammifères femelles pour la nutrition des jeunes. Le lait cru est un lait qui n'a subi aucun traitement de conservation sauf la réfrigération à la ferme. La date limite de vente correspond au lendemain du jour de la traite. Le lait cru doit être porté à l'ébullition avant consommation (car il contient des germes pathogènes) (ALAIS, 1984).

I.2 Composition du lait

FRANWORTH et *al.* (2010), évoquent que le lait est reconnu depuis longtemps comme étant un aliment bon pour la santé. Source de calcium et de protéines, il peut être ajouté à notre régime sous plusieurs formes.

Le lait est une source importante de protéines de très bonne qualité, riches en acides aminés essentiels, tout particulièrement en lysine qui est par excellence l'acide aminé de la croissance. Ses lipides, caractérisés par rapport aux autres corps gras alimentaires par une forte proportion d'acides gras à chaîne courte, sont beaucoup plus riches en acides gras saturés qu'en acides gras insaturés. Ils véhiculent par ailleurs des quantités appréciables de cholestérol et de vitamine A ainsi que de faibles quantités de vitamine D et E (FAVIER, 1985).

La composition moyenne du lait de vache est représentée dans le tableau 1.

Tableau N°1: Composition moyenne du lait de vache (g/l) (MATHIEU, 1998).

Constituant du lait	Teneur (g/l)
Constituant minéraux	
Eau	902
Constituant salins minéraux	6,9
Gaz dissous	0,1
Constituant organique	
Constituant salins organiques	1,7
Lactose	49
Matière grasse	38
Protéines ou constituants azotés protéiques	
Caséine	32
Protéines dites solubles	26
constituants azotés non protéiques	6
Autres constituants	1,5

I.2.1 Eau

L'eau est l'élément quantitativement le plus important : 900 à 910 g par litre. En elles, sont dispersés tous les autres constituants du lait, tous ceux de la matière sèche (MATHIEU, 1998).

D'après AMIOT *et al.* (2002), l'eau a un caractère polaire lui permet de former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum. Puisque les matières grasses possèdent un caractère non polaire (ou hydrophobe), elles ne pourront se dissoudre et formeront une émulsion du type huile dans l'eau. IL en est de même pour les micelles de caséines qui formeront une suspension colloïdale puisqu'elles sont solides.

I.2.2 Matière grasse

La matière grasse ou taux butyreux représente 25 à 45 g par litre (LUQUET, 1985). La matière grasse du lait se compose principalement de triglycérides, de phospholipides et d'une fraction insaponifiable constituée en grande partie de cholestérol et de β - carotène (tableau 2) (GRAPPIN et POCHE, 1999).

Tableau N° 2 : Composition lipidiques du lait (GRAPPIN et POCHE, 1999).

Constituants	Proportions de lipides du lait (%)
Triglycérides	98
Phospholipides	01
Fraction insaponifiable	01

JEANTET *et al.* (2008), rapportent que la matière grasse est présente dans le lait sous forme de globules gras de diamètre de 0,1 à 10. La matière grasse du lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est constituée de 65 % d'acides gras saturés et de 35 % d'acides gras insaturés.

La matière grasse est dispersée en émulsion, sous forme de microgouttelettes de triglycérides entourées d'une membrane complexe, dans la phase dispersante qu'est le lait écrémé (BOUTONNIER, 2008).

I.2.3 Protéine

La majeure partie des protéines du lait est naturellement synthétisée dans les cellules sécrétoires de la glande mammaire. Cependant certaines proviennent de plasmocytes spécialisés, d'autres du sang (RIBADEAU-DUMAS et GRAPPIN, 1989).

Selon JEANTET *et al.* (2007), le lait de vache contient 3,2 à 3,5 % de protéines réparties en deux fractions distinctes :

- ✓ Les caséines qui précipitent à pH 4,6, représentent 80 % des protéines totales.
- ✓ Les protéines sériques solubles à pH 4, 6, représentent 20 % des protéines totales.

La classification des protéines est illustrée dans le tableau 3.

I.2.3.1 Caséines

JEAN *et al.* (1993), rapportent que la caséine est un polypeptide complexe, résulte de la polycondensation de différents aminoacides, dont les principaux sont la leucine, la proline, l'acide glutamique et la sérine. Le caséinate de calcium, de masse molaire qui peut atteindre 56000 g/mol, forme une dispersion colloïdale dans le lait. Les micelles protéiques ont un diamètre de l'ordre de 0,1 μ m.

La caséine native a la composition suivante : protéine 94 %, calcium 3 %, phosphore 2,2 %, acide citrique 0,5 % et magnésium 0,1 % (ADRIAN et *al.*, 2004). La présence de phosphate de calcium lié à la caséine est l'une des forces responsables de la stabilité de la structure des micelles de caséine (MARCHIN, 2007).

Une propriété importante des micelles est de pouvoir être déstabilisé par voie acide ou par voie enzymatique et de permettre la coagulation. Elle constitue le fondement de la transformation du lait en fromage et en laits fermentés (RAMET, 1985).

I.2.3.2 Protéine du lactosérum

L'autre fraction protéique (environ 17 %) du lait est présente dans le lactosérum. Les deux principales protéines sériques sont la β -lactoglobuline et l' α -lactalbumine (CAYOT et *al.*, 1998). Les protéines du lactosérum représentent 15 à 28 % des protéines du lait de vache et 17 % de la matière azotée (DEBRY, 2001).

Tableau N° 3 : Classification des protéines (BRUNNER, 1981 cité par POUGHEON, 2001).

Noms	% des protéines	Nombre d'AA
Protéines des caséines :	75-85	
Caséine α S 1	39-46	199
Caséine α S 2	8-11	207
Caséine β	25-35	209
Caséine K	8-15	169
Caséine γ	3-7	
Protéines du lactosérum :	15-22	
Lactoglobuline	7-12	162
Lactalbumine	2-5	123
Sérum-albumine	0,7-1,3	582
Immunoglobulines (G1, G2, A, M)	1,9-3,3	-
Protéoses-peptones	2-4	-

THAPON (2005), définit les protéines du lactosérum comme protéines d'excellente valeur nutritionnelle, riches en acides aminés soufrés, en lysine et tryptophane. Elles ont de remarquables propriétés fonctionnelles mais sont sensibles à la dénaturation thermique.

I.2.4 Lactose

MATHIEU (1999), évoque que le lait contient des glucides essentiellement représentés par le lactose, son constituant le plus abondant après l'eau. Sa molécule $C_{12}H_{22}O_{11}$, est constituée d'un résidu galactose uni à un résidu glucose.

Le lactose est très stable entre 48 et 50 g/l dans le lait de vache. Cette teneur présente de faibles variations dans le sens inverse des variations du taux butyreux. Le lactose est un sucre spécifique du lait (HODEN et *al.*, 1991).

Le lactose est fermentescible par de nombreux micro-organismes et il est à l'origine de plusieurs types de fermentations pouvant intervenir dans la fabrication de produits laitiers (MORRISSEY, 1995).

I.2.5 Minéraux

La matière minérale du lait (7 g à 7,5 g /l) est fondamentale d'un point de vue nutritionnel et technologique. IL est possible de doser les matières minérales ou cendres du lait par une méthode de calcination à 550 °C (LUQUET, 1985).

Selon GAUCHERON, (2004), le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. Les principaux minéraux sont calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations et phosphate, chlorure et citrate pour les anions (tableau 4).

Tableau N° 4 : Composition minérale du lait de vache (JEANTET et *al.*, 2007).

Éléments minéraux	Concentration (mg.kg ⁻¹)
Calcium	1043-1283
Magnésium	97-146
Phosphate inorganique	1805-2185
Citrate	1323-2079
Sodium	391-644
Potassium	1212-1681
Chlorure	772-1207

I.2.6 Vitamines

On distingue d'une part les vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et vitamine C) en quantité constantes, et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K) (Tableau 5) (JEANTET et *al.*, 2008).

Tableau N° 5 : Composition moyenne des vitamines du lait cru (AMIOT et *al.*, 2002).

Vitamines	Teneurs moyenne µg/ 100ml
Vitamines liposolubles	
Vitamine A (+ carotènes)	40
Vitamine D	2,4
Vitamine E	100
Vitamines hydrosolubles	
Vitamine C (acide ascorbique)	2
Vitamine B ₁ (thiamine)	45
Vitamine B ₂ (riboflavine)	175
Vitamine B ₆ (pyridoxine)	50

I.2.7 Enzymes

Le lait contient principalement trois groupes d'enzymes : les hydrolases, Les déshydrogénases (ou oxydases) et les oxygénases. Les deux principaux facteurs qui influent sur l'activité enzymatique sont le pH et la température. En effet, chaque enzyme possède un pH et une température d'activité maximale (VEISSEYRE, 1975).

I.3 La valeur nutritionnelle du lait

Le lait constitue la source unique de lactose dans la nature (DEBRY, 2001). La présence du lactose dans le tube digestif favorise l'implantation d'une flore de putréfaction, il favorise également l'assimilation du calcium et des matières azotés.

La valeur protéique du lait est excellente grâce à un très bon équilibre en acides aminés indispensables et à une bonne digestibilité des acides aminés. En plus de leur intérêt nutritionnel, indique que le lait à un rôle fonctionnel important de protection contre les agressions grâce à la fourniture des composants protéiques (immunoglobuline) (DEBRY, 2001).

Les corps gras sont la meilleure source d'énergie, ils confèrent au lait entier la moitié de sa valeur énergétique qui est environ 48 %, ils constituent la forme de mise en réserve de l'énergie. Le coefficient d'utilisation digestif "CUD" des lipides est de l'ordre de 95. La matière grasse laitière est le véhicule des vitamines liposolubles (LUQUET, 1986).

La fraction minérale, bien que mineur dans la composition du lait joue un rôle essentiel du point de vue nutritionnel. Elle est caractérisée par sa teneur élevée en calcium liée à la phosphosérine de la caséine (LUQUET, 1986). Le calcium joue un rôle positif dans la coagulation du lait par la présure.

I.4 Caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques du lait

I.4.1 Caractéristiques organoleptiques

VIERLING (2003), rapporte que l'aspect, l'odeur, la saveur, la texture ne peuvent être précisés qu'en comparaison avec un lait frais.

I.4.1.1 La Couleur

Le lait est de couleur blanc mat, qui est due en grande partie à la matière grasse, aux pigments de carotène (la vache transforme le β -carotène en vitamine A qui passe directement dans le lait (FREDOT, 2005).

I.4.1.2 L'odeur

Selon VIERLING (2003), l'odeur caractéristique du lait est due à la matière grasse qu'il contient et qui fixe des odeurs animales. Elles sont liées à l'ambiance de la traite, à l'alimentation (les fourrages à base d'ensilage favorisent la flore butyrique, le lait prend alors une forte odeur), à la conservation (l'acidification du lait à l'aide de l'acide lactique lui donne une odeur aigrelette).

I.4.1.3 La saveur

La saveur du lait normale frais est agréable. Celle du lait acide est fraîche et un peu piquante. Les laits chauffés (pasteurisés, bouillis ou stérilisés) ont un goût légèrement différent de celui du lait cru. Les laits de rétention et de mammites ont une saveur salée plus ou moins accentuée. L'alimentation des vaches laitières à l'aide de certaines plantes de fourrages ensilés peut transmettre au lait des saveurs anormales en particulier un goût amer. La saveur amère peut aussi apparaître dans le lait par suite de la pullulation de certains germes d'origine extramammaire (THIEULIN et *al.*, 1967). Le goût sucré (doux) du lactose est équilibré par le goût salé des chlorures et tous les deux sont modérés par des protéines. (KEBCHAOU, 2013).

I.4.1.4 La viscosité

La viscosité du lait est une propriété complexe qui est particulièrement affectée par les particules colloïdes émulsifiées et dissoutes (RHEOTEST, 2010). La teneur en graisse et en caséine possède l'influence la plus importante sur la viscosité du lait. La viscosité dépend également de paramètres technologiques.

I.4.2 Caractéristiques physico-chimiques

I.4.2.1 La densité

La densité d'un liquide est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné du liquide considéré et la masse du même volume d'eau. La densité du lait à 15 °C est en moyenne 1,032 (1,028-1,035). Elle est la résultante de la densité de chacun des constituants du lait et aussi donnée que la matière grasse est le seul constituant qui possède une densité inférieure à 1 (VIGNOLA, 2002).

I.4.2.2 Le point de congélation

Le point de congélation du lait est généralement exprimé comme des degrés Hortvet (H). Il est la température de passage de l'état liquide à l'état solide, c'est l'une des constantes les plus stables du lait. Sa valeur moyenne, si l'on considère des productions individuelles de vache, se situe entre - 0,54 °C et -0,55 °C (KEBCHAOU, 2013 ; MATHIEU, 1998).

I.4.2.3 Le point d'ébullition

Les constituants du lait dans la solution vraie sont principalement responsables de l'élévation du point d'ébullition au-dessus de 100 °C. A pression atmosphérique normale, le point d'ébullition de l'eau est 100 °C et celui du lait est de 100,17 °C. Comme pour le point de congélation, il est fonction du nombre de particules en solution et par conséquent, il augmente avec la concentration de lait et diminue avec la pression (KEBCHAOU, 2013).

I.4.2.4 Le pH

Le lait de vache a une réaction faiblement acide, le pH est compris entre 6,6 et 6,8 ; c'est la conséquence de la présence de la caséine et des ions phosphoriques et citriques (substances acides), les valeurs inférieures à 6,5 ou supérieures à 6,9 sont considérées comme anormales (ALAIS, 1984). Selon le même auteur, le pH du lait change d'une espèce à l'autre, étant donné les différences de la composition chimique, notamment en caséine et en phosphate.

I.4.2.5 L'acidité de titrable

L'acidité titrable indique le taux d'acide lactique formé à partir du lactose. Un lait frais a une acidité de 16 °D à 18 °D (°Dornic). Conservé à la température ambiante, il s'acidifie spontanément et progressivement (MATHIEU, 1998). On exprime couramment l'acidité d'un lait en degrés Dornic ; ce dernier étant le nombre du dixième de millilitre de soude utilisée pour titrer 10 millilitres du lait en présence de phénolphtaléine (DIENG, 2001).

I.4.2.6 Extrait sec

La teneur en extrait sec du lait des différentes espèces de mammifères se situe entre des valeurs extrêmes très éloignées : de 100 à 600 g/l. La cause de ces différences est essentiellement la teneur en matière grasse. Le lait de vache présente un extrait sec total de 125 à 130 g/l (ALAIS, 1984).

I.5 Caractéristiques microbiologiques du lait

Le lait contient peu de microorganismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain (moins de 10³ germes/ml). Il s'agit essentiellement de germes saprophytes du pis et des canaux galactophores : microcoques mais aussi streptocoques lactiques (*Lactococcus* et *Lactobacillus*). D'autres microorganismes peuvent se trouver dans le lait lorsqu'il

est issu d'un animal malade, ils sont généralement pathogènes et dangereux au point de vue sanitaire, Il peut s'agir d'agents de mammites (GUIRAUD, 1998).

I.5.1 Microflore lactique

Elle fait partie de la flore normale du lait et se caractérise par son aptitude à fermenter le lactose avec production d'acide lactique et donc, abaissement du pH. Les ferments lactiques laitiers constituent un groupe diversifié de bactéries qui ont néanmoins un certain nombre de caractéristiques communes : elles sont à Gram positifs, catalase négatifs, anaérobies facultatifs ou micro-aérophiles et hétérotrophes (ALAIS, 1984 ; CLAUDE et al, 1998).

I.5.2 Microflore de contamination

Elle est composée de la flore pathogène et de la flore d'altération.

I.5.2.1 Flore pathogène

Les bactéries les plus importantes de cette flore pathogène sont le plus souvent mésophiles et les principaux microorganismes pathogènes associés aux produits laitiers sont : *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Campylobacter Jejuni*, *Shigella sonnei* et certains moisissures (VIGNOLA, 2002).

I.5.2.2 Flore d'altération

La flore d'altération causera des défauts sensoriels de goût, d'arômes, d'apparence ou de texture et réduira la vie du produit laitier. Les principaux genres identifiés comme flore d'altération sont : *pseudomonas sp*, *proteus sp*, les coliformes soit principalement les genres : *Esherichia* et *Enterobacter*, les sporulées telles que *Bacillus sp*, *Clostridium sp* et certaines levures et moisissures (VIGNOLA, 2002 ; RICHARD, 1990).

I.6 Production de lait

I.6.1 Dans le monde

La production laitière mondiale a augmenté de 2,9 %, soit une croissance supérieure à la moyenne annuelle de la période 2000-2013 qui s'élève à 2,2 %. 23 milliards de litres de lait supplémentaires ont été produits en 2014, soit nettement plus que les 10 milliards produits en 2013. En 14 ans, la production laitière a augmenté de pas moins de 222 milliards de litres, soit de 38 % (ANONYME 1, 2015) (tableau 6).

Tableau N°6 : Production laitière mondiale par type d'animal (En millions de tonnes). (BCZ, CBL) (ANONYME 1, 2015).

	1992	2000	2011	2012	2013	2014
Lait de vache	461	492	624	640	646	-
Lait de buffle	46	67	97	100	103	-
Lait de chèvre	10	14	18	18	19	-
Lait de mouton	8	8	10	10	10	-
Autre	1	2	3	4	4	-
TOTAL LAIT	525	583	752	772	782	805

- : non disponible

BCZ : Confédération belge de l'industrie laitière.

CBL: Begische confederatie van de zuivlindustrie.

I.6.2. En Algérie

En Algérie, le secteur laitier présente une dynamique très forte, liée aux conditions générales de l'évolution de la demande. L'évolution de la production laitière nationale est illustrée dans le tableau 7.

Tableau N° 7 : Evolution de la production laitière nationale (M.A.D.R, 2014).

Campagne agricole 2012/2013		Production de lait (× 1000 litres)	
		Production/trimestre	Total
2012	4e trimestre 2011	498 931	2 290 054
	1er trimestre 2012	543 407	
	2e trimestre 2012	679 819	
	3e trimestre 2012	567 897	
2013	4e trimestre 2012	543 448	2 494 403
	1er trimestre 2013	602 396	
	2e trimestre 2013	733 757	
	3e trimestre 2013	614 802	

La production laitière a évolué durant ces campagnes successives (2012-2013) d'environ 8 %. Cette évolution n'est pas considérée comme importante en raison des fluctuations de la production qui atteint son maximum uniquement pendant les 2^{èmes} trimestres des 2 années successives (679819 et 733757 millions de litres). Ce qui coïncide avec les périodes d'abondance en fourrages verts (printemps). Or, cette production est minimale au 4^{ème} trimestre des deux années correspondant aux périodes automnales où la fourniture du fourrage vert est faible et l'alimentation est principalement composée de fourrages secs. La saisonnalité de la production est le résultat de l'effet conjugué des disponibilités alimentaires, des conditions climatiques et de la conduite de la reproduction (ANONYME 2, 2014).

I.7 Contraintes de développement de la filière laitière en Algérie

En Algérie, l'élevage bovin laitier continue d'être soumis à un ensemble de contraintes d'ordre technique, socio-économique et d'ordre structurel et organisationnel qui empêchent son développement (ANONYME 2, 2014).

L'alimentation constitue une contrainte de taille pour l'élevage bovin laitier (KAUCHE et al., 2015). Les cultures fourragères sont loin de satisfaire les besoins alimentaires du cheptel national en quantité et en qualité. Les vaches exotiques qui ont été introduites pour plus d'efficacité dans le domaine de la production laitière, sont encore coûteuses et plus difficiles à gérer. Le système de production continue de souffrir de la technicité limitée des éleveurs (par manque d'encadrement et de canaux de vulgarisation) (KAUCHE et al., 2012).

La cherté de l'aliment pénalise quant à elle aussi lourdement le métier de l'éleveur puisque la botte de foin d'avoine est payée à 1000 Da et la paille à 700 Da. Aujourd'hui, les éleveurs trouvant la solution dans l'utilisation massive des aliments concentrés dans les rations distribuées aux vaches laitières rencontrent d'abondantes difficultés pour assurer la rentabilité et la durabilité de leurs élevages (KAUCHE et al., 2015).

