Chapitre I : Les bactéries lactiques

1. Définiton des bactéries lactiques :

Les bactéries lactiques ont été retrouvées dans des sédiments datant de 2,75 milliards d'années bien avant l'apparition d'oxygène dans l'atmosphère, ce qui pourrait expliquer leur caractère anaérobie. De plus, des études sur la phylogénie bactérienne mentionnent leur apparition avant celle des cyanobactéries **(Quiberoni et *al.*, 2001)**.

Le terme bactéries lactiques est intimement associé aux bactéries impliquées dans la fermentation des aliments pour l'homme et l'animal. La première culture pure était des *Bacterium lactis* probablement des *Lactococcus lactis,* obtenu par Lister en 1873.

Historiquement, les premiers genres à être décrits sont : *Lactobacillus, Leuconostoc, Pediococcus* et *Streptococcus* ; les genres ci-après : *Aerococcus, Carnobacterium, Enterococcus, Lactobacillus, Lactococcus, Leuconostoc, Oenococcus, Pediococcus, Streptococcus, Tetragenococcus, Vagococcus* et *Weissella* sont considérés comme les principaux bactéries lactiques du point de vue technologique **(Guiraud, 2003 ; Limsowtin et al, 2004)**.

2. Classification des bactéries lactiques :

De nombreuses classifications des bactéries lactiques ont été proposées. Traditionnellement, les bactéries lactiques ont été classées sur la base des propriétés phénotypiques : la morphologie, le mode de fermentation du glucose, la croissance à différentes températures, l'isomère de l'acide lactique produit et la fermentation des différents hydrates de carbone **(De Roissart et Luquet, 1994; Holzapfel et *al*., 2001).**

Les genres les plus étudiés sont : *Lactobacillus, Lactococcus, Streptococcus, Leuconostoc, Enterococcus et Pediococcus* **(Drouault et Corthier, 2001) (Tableau1)**.

Actuellement le groupe des bactéries lactiques associes aux aliments renferme les 12 genres suivantes : *Carnobacterium, Enterococcus, Lactobacillus, Lactococcus, Leuconostoc, Oenococcus, Pediococcus, Streptococcus, Tetragenococcus, Vagococcus* et *Weissella* et *Bifidobacterium.*

2.1. Le genre *Lactobacillus*

Les bactéries du genre *Lactobacillus* ont des aspects variés allant du bacille long et fin au coccobacille en passant par la forme bâtonnet court ou légèrement flexueux. Ils sont Gram positif, non sporulés, fréquemment associés en chaînettes et habituellement immobiles. Les lactobacilles se montrent généralement plus résistants au stress acide que les lactocoques **(Siegumfeldt et *al*., 2000)**.

Les lactobacilles se répartissent en trois groupes selon leur profil fermentaire, d'après la classification de Kandler et Weiss (1986) :

Groupe I : il comprend les espèces homofermentaires obligatoires, c'est-à-dire produisant exclusivement de l'acide lactique à partir du glucose. Ce groupe est constitué d'environ 25 espèces, la plupart thermophiles (croissance à 45°C*)* dont *Lb. delbrueckii, Lb. Acidophilus* et *Lb. helveticus.* La plupart des espèces sont présentes dans le lait et les produits laitiers.

Groupe II : ce sont les espèces hétérofermentaires facultatives, c'est-à-dire capables d'utiliser la voie hétérofermentaire dans certaines conditions comme une concentration en glucose limitante. Il est constitué d'une vingtaine d'espèces dont *Lb. casei, Lb. curvatus, Lb. sake* et *Lb. plantarum,* majoritairement mésophiles **(Laurent et *al*., 1998)**.

Groupe III : il est constitué des espèces hétérofermentaires obligatoires, c'est-à-dire utilisant la voie des pentoses phosphates pour la fermentation des hexoses et des pentoses. C'est un groupe qui rassemble des espèces relativement hétérogènes, surtout mésophiles, comme *Lb. brevis, Lb. kefir* et *Lb. sanfransisco***,** Outre leur présence dans les produits laitiers et carnés, certaines espèces se développent dans le tube digestif de l'homme, et participent à l'équilibre de la flore intestinale **(Laurent et *al*., 1998)**.

2.2. Le genre *Streptococcus*

Comprend essentiellement des espèces d'origine humaine ou animale dont certaines sont pathogènes comme *S. pyogenes* et *S. agalactiae* d'autres sont impliquées dans la formation de la plaque dentaire (S. *mutans).* L'espèce thermophile *Streptococcus thermophilus* se différencie par son habitat (lait et produits laitiers), et son caractère non

pathogène. Du fait de ses propriétés technologiques, c'est la seule espèce considérée comme un streptocoque lactique **(Laurent et *al*., 1998)**.

2.3 Le genre *Lactococcus*

Le genre *Lactoccoccus* est formé de bactéries à Gram positif dont les cellules, en forme de coques, sont associées par paires ou en chaînettes de longueur variable. Elles sont dépourvues de catalase et ne sont pas capables d'utiliser l'oxygène mais se multiplient en sa présence (anaérobies aérotolérantes). Ces bactéries sont thermosensibles et ne peuvent pas croître en présence de 6.5% de NaCl ou à pH 9.6. Leur température optimale de croissance s'étend de 25 à 35°C, respectivement pour les souches de *Lc. cremoris* et *Lc. lactis*. Les *Lactococcus* sont capables de croître à 10°C mais pas à une température supérieure à 40°C **(Dellaglio et *al*., 1994)**.

2.4 Le genre *Leuconostoc*

La famille des *leuconostocaceae*, contient des coques ovoïdes, pouvant être allongés ou elliptiques. Ce sont des cellules sphériques disposent en paire ou en chaîne, elles sont caractérisées par un métabolisme hétérofermentaire en convertissant le glucose en D-lactate et éthanol ou en acide acétique par la voie de transcétolase, elles sont incapables de dégrader l'arginine ce qui leurs distinguent des lactobacilles hétérofermentaires **(Gonzalez et *al*.,2007)**.

On range habituellement les leuconostocs dans les anaérobies facultatifs, mais certains les considèrent comme des anaérobies aérotolérants. Ils sont exigeants et présentent souvent une auxotrophe pour les acides aminés, les peptides, les vitamines, les sels minéraux et les glucides **(Dellaglio et *al*., 1994)** .

Ce genre comprend les espèces suivantes : *Ln. mesenteroides* avec ces sous espèce mesenteroides cremoris et dextranicum et *Ln. lactis* et *Ln. Pseudomesenteroides* et *Ln. paramesenteroides* **(Collins et *al*., 1993 ; Laease, 2005)**.

4.5 Le genre *Bifidobacterium*

Les cellules de *Bifidobacterium* se caractérisent par leur forme très irrégulière, souvent en V et Y, mais pouvant être coccoïde. Elles se différencient des autres bactéries lactiques par leur caractère anaérobie, leur G + C % élevé, et la présence d'une enzyme, la fructose-

6-phosphate phosphocétolase. Celle-ci leur permet de fermenter les hexoses en produisant del'acide acétique et de l'acide lactique, ainsi qu'en moindre proportion de l'éthanol et d'autres acides organiques. Cette fermentation « lactique » a conduit à les rapprocher du groupe des bactéries lactiques. Leur température optimale de croissance est comprise entre 37°C et 41°C. Elles se développent à pH supérieur à 5. Elles sont isolées de l'homme et des animaux **(Laurent, 1998).**

Tableau 1 : Les différents genres de bactéries lactiques et leurs principales caractéristiques **(Laurent et *al.*, 1998)**.

Genre	**Morphologie**	**Fermentation**	**Température optimale**	**Nombre d'espèces**
Lactobacilles	Bacilles	Homo ou hétérofermentaires	thermophiles ou mésophiles	G1 :23 G2 :16 G3 :22
Lactococcus	Coques	homofermentaires	Mésophiles	5
Streptococcus	Coques	homofermentaires	mésophiles ou thermophiles	19
Leuconostoc	Coques	hétérofermentaires	Mésophiles	11
Bifidobacterium	forme irrégulière	Acide acétique et lactique	Mésophiles	25

3. Habitat :

Les bactéries lactiques sont des microorganismes ubiquitaires susceptibles d'être retrouvés dans tous types d'habitat. Elles sont présentes à l'état libre dans l'environnement ou vivent en association avec un hôte, tel que l'Homme ou l'animal, dans un écosystème bactérien comme le tractus gastro-intestinal ou génital des mammifères ou des canaux galactophores **(Dellaglio et *al.*, 1994)**.

Dans l'environnement, les bactéries lactiques sont souvent retrouvées dans le lait et ses dérivés (lait fermenté, fromages, …). Les différentes espèces de *Lactobacillus,*

Lactococcus lactis (*Lc. lactis*) et/ ou *Lc. garvieae*, les plus rencontrées dans le lait et le fromage, sont communément utilisées comme ferments (« *starter culture* ») par l'industrie agroalimentaire pour la production de produits laitiers.

Les bactéries lactiques peuvent vivre en symbiose entre elles et avec un hôte. Le tractus gastrointestinal des mammifères est colonisé par des bactéries lactiques telles que *Bifidobacterium, Lactobacillus, Leuconostoc* et *Weisseilla*. Par ailleurs, l'appareil génital chez la femme est principalement colonisé par des bactéries lactiques, telles que *Lactobacillus*, aux quelles il apporte des nutriments comme le glycogène. En acidifiant le milieu, ces bactéries apportent une protection contre des pathogènes tell que *Trichomonas vaginalis* (*T. vaginalis*), pathogène responsable de la trichomonase vaginale **(Björkroth et Holzapfel, 2006, Ruiz et *al.*, 2009)** et/ ou *Candida albicans* à l'origine de la vulvo-vaginite **(Pirotta et al., 2004 ,Falagas et *al.*, 2006,).**

4. Caractéristiques morphologiques et biochimiques :

Le groupe des bactéries lactiques a été défini par **Orla-Jensen (1919)** et réunit plusieurs genres caractérisés par leur capacité à fermenter les glucides en produisant de l'acide lactique. Ce sont des coques ou bâtonnets Gram positif, généralement immobiles et non sporulés. Il existe d'autres bactéries produisant de l'acide lactique mais qui ne sont pas considérées comme faisant partie du groupe des bactéries lactiques. C'est le cas, par exemple, de *Bacillus* et *Sporolactobacillus* qui sont des bactéries Gram (+) sporulées **(Axelsson, 2004).** Les bactéries lactiques sont anaérobies mais aéro-tolérantes, et ne possédant ni catalase (certaines souches possèdent une pseudo-catalase), ni nitrate-réductase, ni cytochrome-oxydase **(Ouadghiri et *al.*, 2005)**.

Le contenu en GC de leur ADN varie de 33 à 54%, ce qui les classe dans les bactéries à faible pourcentage de GC **(Muto et Osawa, 1987)**. Elles sont de métabolisme chimioorganotrophes, ce qui signifie qu'elles utilisent comme source énergétique des substances hydrocarbonées telles que les sucres, les alcools et les acides organiques. Elles

possèdent souvent des exigences nutritionnelles complexes en terme d'acides aminés, de peptides, de vitamines, de sels, d'acides gras et de sucre **(Dellaglio et *al.*, 1994)**.

Elles produisent l'acide lactique comme produit final principal de la fermentation des hydrates de carbone. La fermentation est dite homolactique si l'acide lactique est le produit majoritairement formé (> 85 % du pyruvate converti en lactate) et hétéro-lactique si d'autres composés, tels l'acide acétique, l'éthanol, le formiate et le CO_2, sont synthétisés **(Salvetti et *al.*, 2013)**. Elles survivent dans un milieu à faible activité d'eau, et résistent à l'éthanol (10 – 15 % éthanol) et au CO_2.

En général, les bactéries lactiques ont des besoins complexes en facteurs de croissance tels que vitamine B, acides aminés, peptides, bases puriques et pyrimidiques. Les milieux de culture sont complexes et dits "riches". Il est donc difficile d'obtenir de bons milieux sélectifs. Seul l'abaissement du pH sera souvent utilisé comme agent de sélection. Les bactéries lactiques tolèrent en effet des pH acides (pH = 5 et parfois moins). A ces pH, et à fortiori pour des pH inférieurs, beaucoup de bactéries communes ont leur croissance inhibée. Ces propriétés sont utilisées en agro alimentaire pour transformer la matière organique et empêcher le développement de la plupart des bactéries d'altération ou des pathogènes. Il apparaît donc que les produits fermentés puissent être considérés comme "à faible risque" vis-à-vis des pathogènes courants. Cependant, il n'est pas exclu que des souches particulières d'une espèce de bactérie indésirable puissent se développer. D'autres microorganismes sont également connus pour se développer à pH acide, comme de nombreuses levures et moisissures **(Sachindra et *al.*, 2005;Nielsen et *al.*, 2008)**.

5. Quelques effets bénéfiques des bactéries lactiques :

5.1. Dans le domaine alimentaire :

Les bactéries lactiques sont impliquées dans la fermentation et la bioconservation de différents aliments. Ils sont utilisées pour améliorer les caractéristiques organoleptiques des produits fermentés : différentes actions enzymatiques (protéolyse, réduction des nitrites, activité péroxydasique, dégradation des lipides) permettent l'apparition de flaveur, texture et couleur, intéressante pour le consommateur. Comme ils sont aussi utilisées pour augmenter la durée de conservation des aliments sans l'utilisation de conservateurs chimiques grâce aux substances antimicrobiennes qu'elles secrètent, et par leur

développement rapide qui permet d'assurer une maitrise de la contamination par des organismes indésirables **(Garry et Le Gherne, 1999 ; Dortu et Thonart, 2009)**.

5.2. Dans le domaine thérapeutique :

Certaines bactéries lactiques spécifiques sont utilisées comme probiotiques c'est-à-dire des micro-organismes vivants dont l'application à l'homme ou à l'animal exercent un effet bénéfique sur la santé de ce dernier par amélioration des propriétés de la flore intestinale. Les espèces couramment utilisées sont *Lb. acidophilus, Lb casei, Lb johnsonii, Lb reuteri, Lb derbruecki, subsp bulgaricus* **(Salminen et *al,* 2004)**.

Les bactéries probiotiques peuvent être décrites comme étant «un supplément alimentaire microbien qui peut affecter favorablement l'animal hôte en améliorant sa rôle intestinale. Les produits contenant des bactéries probiotiques peuvent avoir un effet prophylactique et ainsi prévenir un déséquilibre de la flore intestinale ou un effet thérapeutique et rétablir l'équilibre de la flore intestinale lorsqu'il est perturbé. Les bénéfices potentiels des probiotiques vont de la suppression de l'activité de certains pathogènes à l'amélioration de l'utilisation du lactose, de la réduction du cholestérol sanguin et du niveau de substances carcinogènes, l'inactivation de composés toxiques ainsi que la stimulation du système immunitaire; donc ces micro-organisme sont bénéfiques pour la santé de l'hôte **(Ninane et *al.,* 2009)**.

Différentes études ont démontré le rôle préventif aussi bien que curatif de ces bactéries sur plusieurs types de diarrhées (Mkrtchyan et al, 2010). D'autres ont cité leur capacité de diminuer les allergies liées aux aliments grâce à leur activité protéolytique **(El-Ghaish et *al.,* 2011)**.

6. Substances antimicrobiennes :

Les propriétés antimicrobiennes des bactéries lactiques peuvent être associées à de nombreux éléments. Elles résultent de l'effet combiné de différents facteurs biologiques provenant de leurs activités métaboliques.

Les bactéries lactiques produisent de nombreux métabolites aux propriétés antimicrobiennes tels que les acides organiques, le peroxyde d'hydrogène, le dioxyde de carbone, le diacétyl et les bactériocines **(Dortu et Thonart, 2009)**.

6.1. Les acides organiques :

Les produits principaux du métabolisme des bactéries lactiques sont les acides organiques qui sont produits soit par la voie homofermentaire, soit par la voie hétérofermentaire. Grâce à cette production d'acides organiques, les bactéries lactiques diminuent le pH du milieu dans lequel elles se multiplient en inhibant une partie de la flore qui s'y développe. Leur compétitivité est améliorée étant donné leur grande tolérance aux pH bas extra et intracellulaires. Outre la diminution du pH du milieu, l'effet antagoniste des acides organiques résulte de l'action de leur forme non dissociée. En effet, la forme non dissociée de l'acide peut traverser passivement la membrane et acidifier le cytoplasme par libération du proton, ce qui affecte le métabolisme cellulaire en inhibant certaines fonctions.

En général, la production d'acides organiques permet une acidification du milieu qui peut limiter la croissance de certaines bactéries entre autres les bactéries indésirables. Des expositions prolongées dans un milieu acide peuvent entraîner la mort de plusieurs bactéries,y compris les ferments lactiques **(Champagne et *al.*, 1992)**.

Ainsi, les acides organiques ont différentes actions telles qu'un excellent pouvoir bactéricide ou un effet bactériostatique contre les micro-organismes pathogènes se trouvant dans le tube digestif **(Jedidi, 2007)**.

6.2.Peroxyde d'hydrogène :

Les bactéries lactiques ne possèdent pas de catalase typique contenant un noyau hème pour dégrader le peroxyde d'hydrogène en oxygène et en eau. Il peut s'accumuler et être inhibiteur de différents micro-organismes par l'oxydation des lipides membranaires et la destruction des structures des protéines cellulaires fonctions **(Kostinek et *al.*, 2005)**.

Dans les conditions d'aérobiose, chez la plupart des bactéries lactiques, les molécules de NAD réagissent avec l'oxygène pour former du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2). De plus**,** diverses enzymes conduisent généralement à l'accumulation de peroxyde d'hydrogène qui est plus au moins toxique pour la bactérie lactique productrice. Notamment dans le cas du lait, le peroxyde d'hydrogène est le constituant d'un système inhibiteur naturel comportant aussi une peroxydase et du thiocyanate comme accepteur d'électrons.

Ce composé est un inhibiteur de la croissance microbienne car il bloque le fonctionnement de certaines enzymes-clés intervenant dans la glycolyse, comme l'hexokinase. L'action bactériostatique de ce système entraîne des irrégularités d'acidifications par les levains lactiques, qui peuvent ainsi s'auto-inhiber car ils y sont résistants. Mais, comme il peut être bactéricide pour certaines bactéries de contamination, voire pathogènes, la fédération internationale de laiterie a proposé d'utiliser les propriétés de ce système inhibiteur pour améliorer la conservation temporaire du lait cru dans les pays chauds dépourvus d'équipement de réfrigération **(Desmazeaud, 1996)**.

6.3. Le dioxyde de carbone :

Le dioxyde de carbone est formé pendant la fermentation hétéro lactique et crée un environnement anaérobie qui inhibe les microorganismes aérobies. L'accumulation de dioxyde de carbone dans la bicouche lipidique peut causer un dysfonctionnement de la perméabilité ce qui peut inhibées la développent de souche pathogènes **(Ammor et *al.*, 2006)**.

6.4. Le diacétyl :

Le diacétyl (C4H6O2) est synthétisé par différents genres de bactéries lactiques comme *Lactococcus sp, Leuconostoc sp., Lactobacillus sp. et Pediococcus sp.,* il un des composants aromatiques essentiels du beurre. Il a des propriétés antimicrobiennes qui sont dirigées contre les levures, les bactéries Gram-négatif et les bactéries Gram-positif. Les concentrations nécessaires à l'obtention d'une inhibition sont de l'ordre de 100 ppm, et sont supérieures à celles présentes dans le beurre et susceptibles de provoquer son arôme **(Dortu et *al.*, 2008)**.

6.5. Les bactériocines :

Klaenhammer (1988) a défini les bactériocines comme des protéines, ou complexes de protéines, avec une activité bactéricide contre des espèces proches de la souche productrice.

Toutes les bactériocines produites par des bactéries lactiques décrites jusqu'à présent ont une activité dirigée contre les bactéries Gram positif. Aucune bactériocine produite par des bactéries lactiques avec une activité contre des bactéries Gram négatives n'a été

décrite, la membrane externe des bactéries Gram négatives ne permettant pas aux bactériocines d'atteindre la membrane interne, siège de leur activité (Dortu et Thonart, 2009).À la suite de leurs travaux sur les colicines (bactériocines de bactéries Gram négatif) **Tagg et *al*., (1976)** citent les critères requis pour qu'une substance chimique soit dénommée bactériocine :

- la présence d'une partie biologiquement active de nature protéique.
- un spectre d'activité inhibitrice étroit et centré sur les espèces homologues.
- un mode d'action bactéricide.
- l'adsorption à des récepteurs spécifiques.

6.5.1- Classification des bactériocines :

On trouve des souches productrices de bactériocines chez tous les genres de bactéries lactiques. Le nombre de bactériocines de bactéries lactiques caractérisées a augmenté de façon exponentielle au cours des dix dernières années.

6.5.1.1- Classe I :lantibiotique :

Il s'agit de peptides de taille réduite (<5 kDa), contenant des acides aminés inhabituels obtenus par modification post-traductionnelle dont le plus caractéristique est la lanthionine.

6.5.1.2- Classe II : Peptides non modifiés :

Cette classe regroupe les petites bactériocines (< 10 KDa) thermostables et ne subissant pas de modification post-traductionnelle ; cependant elles sont généralement synthétisées sous forme d'un prépeptide qui sera maturé lors de son excrétion dans le milieu extracellulaire.

6.5.1.3- Classe III : Protéines :

Les bactériocines de classe III sont caractérisées par leur grande taille, Elle contient les protéines de taille supérieure à 30 kDa et sensibles à la chaleur. La structure et le mode d'action de ces bactériocines diffèrent complètement des autres bactériocines produites par les bactéries lactiques.

6.5.2 Mécanisme d’action :

Le siège d’activité des bactériocines est la membrane cellulaire, raison pour laquelle les bactériocines n’ont pas d’activité contre les bactéries Gram-négatif. Ces substances vont interagir avec des récepteurs de peptidoglycane en provocant l’augmentation de la perméabilité de la membrane et par conséquence, la mort cellulaire. Cependant, les modes d’action des bactériocines sur la membrane sont variés **(Dortu et Thonart, 2009)**.

Chapitre II : Lait et produits laitiers traditionnels

1. Le lait :

1.1. Définition :

Selon le congrès international de la répression des fraudes de 1909, le lait est le produit intégral de la traite totale ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum **(Debry, 2001)**.

Le lait est un liquide alimentaire opaque, blanc mat légèrement bleuté ou plus ou moins jaunâtre, à odeur peu marqué et au goût douceâtre, sécrété après parturition, par la glande mammaire des animaux mammifères femelles pour nourrir leur nouveau-né **(Larousse agricole, 2002)**.

1.2. Composition du lait :

Les principaux constituants du lait sont par ordre décroissant :

- de l'eau très majoritairement.

- des glucides principalement représentés par le lactose.

- des lipides essentiellement des triglycérides rassemblés en globules gras.

- des protéines : caséines rassemblées en micelles, albumines et globulines solubles.

- des sels et minéraux à l'état ionique et moléculaire.

- des éléments à l'état de traces mais au rôle biologique important : enzymes,vitamines, oligo-éléments …

Le lait est un substrat très riche, fournissant à l'Homme et aux jeunes mammifères un aliment presque complet **(Larpent, 1997)**. Il contient une forte proportion d'eau environ 87%. Le reste est représenté par l'extrait sec (environ 130g par litre). Les principaux constituants de cet extrait sec sont : les lipides, les glucides, les protides, les vitamines et les éléments minéraux (Ca^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Mg^{2+}, Cl^{-}) **(Vimahieu, 2005)**.

1.3. Caractéristiques physiques et chimiques du lait :

Les principales propriétés physico-chimiques du lait sont représentées par sa densité, son point de congélation, son point d'ébullition et son acidité.

Sur le plan physique, c'est à la fois une solution (lactose, sels minéraux), une suspension (matières azotes) et une émulsion (matières grasses). Son pH est légèrement acide (pH compris entre 6.5 et 6.8 pour le lait de vache et entre 6.2 et 6. 82 pour le lait de chèvre).Par contre, il est légèrement basique pour le lait humain (pH compris entre 7 et 7.5), l'acidité du lait augmente avec le temps suite à la transformation du lactose en acide lactique. Cette acidité permis d'avoir un indicateur du degré de conservation. Pour cela, on utilise le degré Dornic (°D) **(Hebboul et *al.*, 2005;Dillon, 2008)**.

1.4. La microflore du lait cru :

Selon les grandes catégories de micro-organismes rencontrées dans les laits sont :

1.4.1. Les bactéries :

Elles prédominent parmi les micro-organismes rencontrés dans le lait. Leurs formes les plus courantes sont des cellules sphériques (coques) ou des bâtonnets (bacilles), plus ou moins réguliers ou incurvés. Placées dans des conditions d'environnement défavorables, certaines bactéries sont capables de donner naissance à des structures très résistantes, les spores, qui vont leur permettre de survivre pendant des durées qui peuvent être extrêmement longues. C'est le cas par exemple des « butyriques » (*Clostridium tyrobutyricum*).

1.4.2. Les champignons microscopiques :

Ce sont des organismes unicellulaires ou pluricellulaires, porteurs de spores qui assurent leur multiplication et/ou leur dissémination. Ils sont habituellement divisés en deux types de microorganismes :

- ✓ les levures :

Ce sont des champignons pour lesquels l'état unicellulaire prédomine. La forme la plus fréquente est ovalaire ou sphérique, avec des tailles allant de 2 à 3 µm jusqu'à 20 à 50 µm de long pour 1 à 10 µm de large. Parmi elles figurent notamment *Geotrichum candidum* ou *Debaryomyces hansenii*.

- ✓ Moisissures :

Les moisissures sont des champignons filamenteux pluricellulaires. Leur dissémination se fait par l'émission de spores qui peuvent être véhiculées par l'environnement (air, eau) et se retrouver dans le lait et dans le fromage. La taille des spores varie de 4 à 10 µm de large et jusqu'à 500 µm de long (si pluricellulaires). Les filaments, de 2 à 5 µm de large, sont de longueur très variable.

1.4.3. Autres micro-organismes :

Les laits peuvent renfermer divers virus (ex : entérovirus), dont certains sont des bactériophages (parasites obligatoires des bactéries). Comme ils peuvent aussi renfermer des protozoaires (ex : *Toxoplasma gondii*, agent de la toxoplasmose) potentiellement pathogène pour l'homme.

2. Produits laitiers traditionnels Algériens :

Le lait, abondant durant certains moments de l'année, il est difficile de le conserver et facilement périssable, surtout dans les zones à climat très chaud. Dans n'importe quelle culture, il a toujours été traité pour augmenter la durabilité et la valeur nutritive, et en même temps permettre sa commercialisation. Les femmes algériennes, comme toutes les cultures pastorales, ont toujours été les principaux protagonistes auteurs de la transformation du lait **(Lahsaoui, 2009)**.

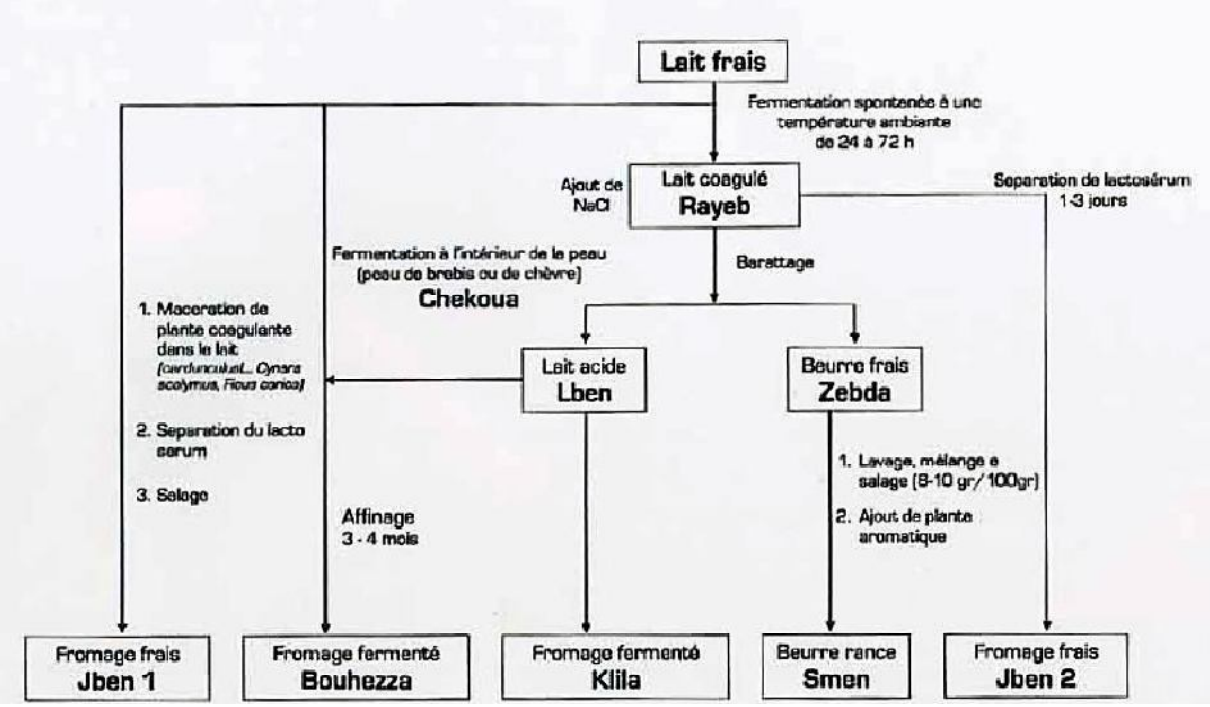


Figure 1: Production laitière- Fromagère Algérienne **(Lahsaoui, 2009)**.

On peut noter parmi les principaux produits laitiers traditionnels algériens :

2.1. Klila

En Algérie, la klila est un fromage traditionnel populaire à la compagne, il est fabriqué à partir du lait cru de vache ou de berbis non pasteurisé. Ce fromage est fabriqué par la conservation du lait dans des pots propres non stériles à la température ambiante (généralement à 2 jours) pour avoir après un gout acide. Le lait acide appelé « Raib », est baraté dans une peau de chévre spéciale durant 2 à 3 heures. puis l'eau est additionnée pour séparer le beurre qui va être après collectée. Après chauffage du lait écrémé appelé « leben » pendant 15 min à 40-50 Cº, le petit-lait est séparé du fromage par filtration à travers d'une mousseline « *chache* ». Le fromage est consommé sous cette forme ou bien séché sous le soleil pour une longue conservation **(Boubekri et Ohta,1996 ; Mechai et *al*.,2014 ; Mahamedi et *al*., 2015).**

La fermentation de la klila, comme beaucoup de processus de fermentation produits traditionnels, est spontanée, non contrôlée et implique beaucoup de micro-organismes d'aliments qui sont influencés par les conditions environnementales de l'endroit où le fromage est fabriqué **(Boubekri et Ohta, 1996).**

- **La composition chimique du Klila :**

Elle varie considérablement entre les différentes régions, et surtout ce qui concerne la composition la Kila est très riche en protéines, et en matières grasse, avec un teneure d'eau varié selon le mode de fabrication et un pH très bas se qui explique l'augmentation de l'acidité de cette produit **(Mennane et *al*, 2007).**

2.2. Raïb

Le Rayeb (ou Raïb) est du lait caillé, traditionnellement obtenu après acidification spontanée à température ambiante du lait cru durant une période variant de 24h à 72h selon la saison. Le Rayeb est consommé tel quel ou transformé. **(Bendimerad, 2013 ; Mechai et *al.*, 2014)**.

Traditionnellement, la fermentation est associée à des bactéries lactiques mésophiles appartenant aux leuconostocs et aux lactocoques présents naturellement dans les laits crus mis en œuvre. De nos jours, dans les zones urbaines et industriellement, la fermentation spontanée, lente, est remplacée par une fermentation plus rapide par des bactéries lactiques thermophiles apportées sous forme de levains, comme décrit au Moyen-Orient par **Guizani et *al*. (2001)** et au Maroc par **Benkerroum (2004)**.

2.3. Lben

L'origine de ce produit remonte à des temps immémoriaux, probablement à l'époque où l'homme a commencé à domestiquer les espèces laitières et à utiliser leurs laits. Sa fermentation lactique lui donne son arôme naturel et sa saveur inimitable. Sa préparation artisanale est simple, le lait est abandonné à lui-même jusqu'à sa coagulation. Celle-ci se fait à température ambiante et dure 24 à 48 h selon la saison. Le barattage qui lui succède dure 30 à 40 minutes. A la fin du barattage, on ajoute généralement un certain volume d'eau (environ 10 % du volume du lait), chaude ou froide, suivant la température ambiante, de façon à ramener la température de l'ensemble à un niveau convenable au rassemblement des grains de beurre **(Benkerroum et Tamime, 2004 ; Ouadghiri, 2009)**.

2.4. Smen

Le Smen est un produit laitier fermenté, fabriqué à partir du lait cru entier par des méthodes empiriques basées sur des expériences de l'ancien temps. Le beurre fermier obtenu par barattage du lait fermenté est lavé, salé, malaxé puis conditionné dans des pots en terre cuite fermés hermétiquement et entreposés dans un endroit frais et obscur à température ambiante. Ce produit très apprécié par les consommateurs pour ses qualités gustatives et diététiques , est utilisé comme additif des produits alimentaires pour remonter le goût et l'arôme de certaines recettes traditionnelles (couscous, poulet…). Sa propriété d'aliment de forte énergie est exploitée en médecine traditionnelle pour atténuer les douleurs de la sensation du froid qui accompagne la toux, le rhumatisme et le traumatisme osseux (voie orale et massage) **(Lahsaoui, 2009)**.

2.5. Jben

C'est un fromage frais, traditionnel dans l'Algérie. Cette dénomination regroupe des trajectoires technologiques très différentes, aboutissant à des produits aux caractéristiques très variées. Traditionnellement, il y a une étape d'acidification spontanée, à température ambiante, pendant 24 h à72h selon la température, comme celle conduisant au Rayeb, Traditionnellement, le fromage Jben est fabriqué avec du lait cru de brebis ou de chèvre, acidifié spontanément et coagulé par des enzymes coagulantes d'origine végétale issues des fleurs de cardon (Cynara cardunculus L), d'une plante épineuse sauvage (Cynara humilis) ou d'artichaut (Cynara scolymus), ou du latex de figuier (Ficus carica) ou des graines de citrouille (coagulation par voie enzymatique) **(Nouani, 2009).** Les fleurs entières sont mises à macérer dans le lait. Le végétal est utilisé pour accélérer la coagulation et pour donner un certain goût au fromage. La variété végétale utilisée varie d'une région à l'autre ; elle donne un goût et une texture appréciés par les gens de la région concernée. Le caillé est ensuite égoutté et salé ou non (**Bendimerad, 2013)**.

2.6. Bouhezza

Ce type de fromage est répandu dans le territoire de l'Aurès (zone Chaouia). Il est fabriqué à partir de lait de chèvre, de vache ou de brebis baratté et écrémé (lben) **(Hallal, 2001 et Touati, 1990).**

Le salage , l'égouttage et l'affinage sont réalisés simultanément dans une outre perméable (Chekoua) avec incorporation de poudre du pigment rouge. La fabrication de bouhezza dure plusieurs semaines à plusieurs mois, il a un goût acidulé fort caractérisé au fromage **(Zaidi, 2002).**

2.7. Autres préparations :

A côté des produits précédents, il existe des préparations locales circonscrites à certaines régions de l'Algérie (Kabylie, Hoggar, Aurès ….etc).

2.4.1.Takammart :

D'après (Hellal, 2001), c'est un fromage du Hoggar, il est fabriqué par introduction d'un bout de caillette de jeunes chevreaux dans le lait, après quelques heures, le caillé est retiré à l'aide d'une louche et déposé en petits tas sur une natte et sera ensuite pétri pour évacuer le sérum puis déposé sur une autre natte faite de tige de fenouil sauvage qui lui donne de l'arome. Les nattes sont ensuite placées à l'ombre jusqu'à durcissement du fromage.Le fromage peut subir un affinage durant un mois **(Gast et coll.,1969 cité par Abd Elaziz et Ait Kasi, 1992).**

2 .4.2. Aoules :

Il est fabriqué à partir du lait de chèvre qui est extrêmement aigre. Après une coagulation intense, le fromage obtenu a une pâte dure (matière sèche représente 92%). L'égouttage se fait dans une paille ensuite, il est reformé sous forme des boules plates séchées au soleil, il peut être consommé en mélange avec les dates **(Abdelaziz et aitkaci, 1992).**

2.4.3. Lebaa :

La matière première est le colostrum , parfois il est mélangé avec des œufs , il est salé puis bouillit pendant 15 min environ. Le produit obtenu est appelé lebaa **(Lemouchi, 2008)**.

2.4.4. Méchouna :

Il est fabriqué à partir du lait cru qui est chauffé jusqu'à ébullition. Ensuite, on ajoute de lait fermenté <<lben>> ou <<rayeb>> et du sel. En utilisant une gaze, le mélange est laissé égoutter. Il est consommé frais ou avec la galette (Lemouchi, 2008).

2.4.5. Madghissa :

Le fromage est connu dans la zone du chaouia coté Est du pays. Il est préparé avec la klila fraîche après salage et incorporation du lait frais. L'ensemble est porté à ébullition sur feu doux jusqu'à séparation du caillé et de lactosérum. Après refroidissement du mélange, la marmite est basculée pour éliminer le lactosérum. Le fromage ainsi préparé est une pâte jaune salée et élastique appelée madghissa **(Aissaoui, 2003).**

2.4.6. Kémaria :

La kémaria c'est un type de fromage traditionnel qui caractérise une place très important dans la société d'une valeur de consommation très remarquable autochtone de la wilaya de Ghardaïa. **(Harrouz et Oulad hadj ,2007)**.