

Influence de l'utilisation de la calebasse traditionnelle dans la fermentation du lait au Niger

Mahamane NOUHOU BAZANFARE*, Halima OUMAROU DIADIE, Roukaya ABDOU SOULEY,
Rahinatou OUMAROU ADAMOU et Abdourahamane BALLA

Université Abdou Moumouni-UAM, Faculté d'Agronomie-FA, Laboratoire de Recherche en Hygiène, Sciences Alimentaires et Nutritionnelle-LARHSAN, Niamey-Niger

(Reçu le 08 Juin 2025 ; Accepté le 19 Août 2025)

* Correspondance, courriel : bazanfare5mn@gmail.com

Résumé

Au Niger, le recours à la calebasse pour la fermentation du lait demeure une pratique courante basée sur le savoir endogène. Aussi, ce travail est réalisé afin de statuer sur l'influence de cette calebasse dans la fermentation du lait. Pour ce faire, il a été mis en fermentation du lait dans des Calebasses préalablement lavées avec des racines de *prosopis africana*. Ainsi, deux modes de fermentation avec répétition, ont été utilisés à savoir la fermentation spontanée et celle avec ajout du lait fermenté. Cependant, un témoin a été considéré dans pots en plastic non hermétiquement fermé. Le pH et l'acidité dormic ont été observés au cours de la fermentation ($36^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C} / 24 \text{ h}$) suivant un prélèvement avec période de 4h. Aussi, des analyses microbiologiques ont été réalisées sur le lait cru utilisé et les laits caillés. Les résultats du suivi de la fermentation ont montré qu'il n'y a pas de différence du pH et de l'acidité entre les Calebasses, mais elles sont statistiquement différentes avec les témoins en pots. Au bout de 16h la fermentation est effective en calebasse ($\text{pH} = 3,86$ et $D = 88,35-90,20$) et présente une structure facilitant l'écumage. Le nettoyage des Calebasses avec des racines de *prosopis africana* n'a pas porté un effet d'inhibition sur les microorganismes ; D'où la contamination croisée du lait caillé par la calebasse ($2,89 \pm 0,78 \times 10^7 \text{ UFC/ml}$ pour la calebasse sans ferment). L'ajout de ferment (lait fermenté) dans le lait est aussi une source probable de contamination du lait avec une différence observée en FMAT et en E. coli par rapport à la calebasse sans ferment, qui est respectivement de $18,11 \times 10^{10}$ et de $33,81 \times 10^4$. Compte tenu de l'importance physique de la calebasse dans la fermentation du lait, la désinfection s'avère être une nécessité afin de garantir des produits laitiers de bonne qualité.

Mots-clés : *lait, fermentation traditionnelle, calebasse, qualité physique, qualité microbiologique, Niger.*

Abstract

Influence of the use of traditional calabash in the fermentation of milk in Niger

In Niger, the use of calabashes for milk fermentation remains a common practice based on endogenous knowledge. The aim of this study was to determine the influence of calabashes on milk fermentation. To this end, milk was fermented in calabashes previously washed with *prosopis africana* roots. Two modes of fermentation with repetition were used, i.e. spontaneous fermentation and fermentation with the addition of fermented milk. However, a control was considered in non-hermetically sealed plastic jars. pH and dormic

acidity were observed during fermentation ($36^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C} / 24 \text{ h}$) following a 4h sampling period. Microbiological analyses were also carried out on the raw milk used and the curdled milk. The results of the fermentation monitoring showed that there was no difference in pH and acidity between the calabashes. Acidity between the calabashes, but they are statistically different from the jarred controls. After 16 hours, fermentation was effective in the calabashes ($\text{pH} = 3.86$ and $\text{D} = 88.35\text{-}90.20$), and the structure facilitated skimming. Cleaning the calabashes with *prosopis africana* roots did not have an inhibitory effect on the microorganisms ; hence the cross-contamination of the curdled milk by the calabash ($2.89 \pm 0.78 \times 10^7$ CFU/ml for the calabash without ferment). The addition of ferment (fermented milk) to the milk is also a likely source of milk contamination, with a difference observed in FMAT and *E. coli* compared with calabash without ferment, of 18.11×10^{10} and 33.81×10^4 respectively. Given the physical importance of the calabash in milk fermentation, disinfection is essential to ensure high-quality dairy products.

Keywords : *milk, traditional fermentation, calabash, physical quality, microbiological quality, Niger.*

1. Introduction

En Afrique comme ailleurs, le lait incarne une parfaite synthèse entre tradition et modernité. Source d'une grande variété de produits laitiers, il représente à la fois un héritage culturel ancestral et une illustration emblématique de l'industrialisation économique [1]. L'élevage est un des sous-secteurs agricoles connaissant la croissance la plus rapide. Il s'agit d'une activité rentable, génératrice de revenus et de sous-produits utiles (notamment le lait) pour les ménages. En effet, cette activité contribue efficacement à la lutte contre la pauvreté dans la région : sa contribution est en moyenne de 15 % au revenu des ménages et de 25 % à la satisfaction des besoins alimentaires [2, 3]. Au Niger, l'inaccessibilité de certaines zones à forte production laitière a conduit à sa transformation en divers produits, afin qu'il soit disponible partout et à tout moment [4]. Par ailleurs, les sous-produits du lait, particulièrement le lait fermenté est beaucoup plus préféré que le lait cru en raison de sa bonne facilité de conservation, sa digestibilité et ses vertus thérapeutiques. Malgré une production relativement faible (3,2 litres par mois par ménage pendant la saison des pluies et 0,2 litre par mois par ménage en moyenne pendant la saison sèche), le lait caillé continue d'être une source de revenus importante pour les éleveurs des zones sylvo-pastorales [4]. Toutefois, la fermentation du lait a été pratiquée de manière traditionnelle et plus ou moins consciente afin de le préserver. Au fil du XIXe siècle, les produits laitiers étaient principalement consommés sous forme fermentée, comme le lait acidifié, le beurre artisanal ou les fromages aigres [5]. Cette pratique, favorisée par les échanges commerciaux, revêt une importance cruciale pour la sécurité alimentaire des familles pastorales [6]. Cependant, les produits laitiers traditionnels présentent une qualité hygiénique insuffisante qui est due à la non-maitrise de fermentation principalement pendant la saison froide [7] pouvant entraîner des maladies infectieuses [8]. La qualité médiocre de ces produits laitiers traditionnels a des problèmes de conservation et de vente [9]. Cette situation est attribuable à l'utilisation d'outils rudimentaires, principalement tirés de plantes tropicales, comme les Calebasses et les louches, qui sont utilisées pour la traite, la collecte, la consommation et la fermentation du lait [9, 10]. Aussi, les méthodes de fermentation du lait jusqu'ici utilisées, peuvent être subdivisées en trois catégories : la fermentation spontanée et celle avec ajout de ferment, ainsi que la fermentation effectuée dans des Calebasses [11]. En effet, la structure poreuse de la Calebasse peut favoriser l'infiltration des microorganismes (comme les bactéries lactiques) d'où la non-utilisation de détergent lors du lavage. Ce type de fermentation en Calebasse présente un risque de contamination du produit par les matériels. Cependant, les transformateurs communautaires utilisent des tiges de *Combretum glutinosum* ou des racines de *prosopis africana* comme brosse lors du lavage des Calebasses [9]. En effet, ces parties végétales sont aussi utilisées pour casser l'amertume des Calebasses neuves. Aussi, Ces racines et tiges ont été reconnues pour leur richesse en composés actifs (propriétés antibactériennes, antioxydants, antiparasitaires, etc.) [12]. Compte tenu de ce qui précède, il était nécessaire de mener une investigation sur les paramètres physique et microbiologique lors de la fermentation afin d'en apprécier l'influence de l'utilisation de la Calebasse en milieu traditionnel.

2. Matériel et méthodes

• *Lieu d'étude*

Les expérimentations de production du lait caillé ont été conduites au laboratoire de Recherche en Hygiène, Sciences alimentaire et nutritionnelle (LARHSAN) de l'université Abdou Moumouni de Niamey.

2-1. Protocole expérimental de production de lait caillé

2-1-1. Réception du lait

Le lait cru utilisé provient du centre de collecte de SAGA GOURMA de Niamey, et transporté dans un pot en acier inoxydable au laboratoire LARHSAN. A la réception du lait cru, le pH ainsi que l'acidité titrable ont été relevés. Aussi, le lait a ensuite été filtré à l'aide d'un tamis afin d'éliminer les corps étrangers solides, avant de subir une pasteurisation à 82°C pendant 2 min. Après cette étape la température de ce lait a été systématiquement abaissé à l'eau de robinet jusqu'à 40°C tout en agitant constamment.

2-1-2. Préparation des échantillons

Cette étude a utilisé 18 l de lait. Le ferment utilisé est constitué de 50 ml d'un lait caillé communautaire avec un pH = 3,16 et une acidité titrable = 238,5 °D.

• Fermentation enalebasse

Quatrealebasses (Figure 1) ont été utilisées dont deux pour la fermentation spontanée et deux autres pour la fermentation avec ajout ferment. A ces dernières, 50 ml ont été ajoutés puis homogénéisés.

• Fermentation en pots

Les 3 litres de lait ont été directement répartie à raison de 250 ml dans 12 pots (Figure 1) non-hermétiquement fermé. La fermentation proprement dite du lait s'est faite suivant les opérations suivantes : Lesalebasses ont été lavés avec les racines de *prosopis africana* selon la pratique communautaire. Aussi, deux types de fermentation ont été utilisés : la fermentation spontanée (le lait est laissé dans lesalebasses sans ajout de ferment) et la fermentation avec ajout de 50 ml de lait fermenté. Une fermentation spontanée a été fait dans des pots en plastique (Non hermétiquement fermé) pour servir de témoins. La fermentation du lait a été conduite dans une étuve à température de $36^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$.



(A)



(B)

Figure 1 : Ustensiles utilisés lors de la fermentation : (A) Pots en plastique, (B) Calebasse 'yanerdè'

2-2. Suivi des paramètres

Les paramètres suivis ont été : pH, l'acidité titrable, la formation du caillot et la montée de crème au cours de la fermentation. Le suivi a été fait en considérant une période de 4 h et sur les 24 h. (4 h, 8 h, 12 h, 16 h, 20 h et 24 h). Après chaque période, il a été pris au hasard deux témoins en pots et 60 ml de l'échantillon en calebasse ont été prélevés puis soumis aux analyses physiques. Ainsi, il a été déterminé le pH suivant la norme de l'association française de normalisation (AFNOR) [13] à l'aide d'un pH-mètre de marque HANNA, et l'acidité titrable a été mesurée selon les critères du journal officiel de la république algérienne (JORA) [14]. Les paramètres indiquant la fermentation à savoir la montée de crème et la formation du caillé, ont été aussi contrôlée à travers une appréciation suivant les critères « faible, moyen et bon ».

2-3. Analyses microbiologiques

Les échantillons de lait caillé ont été homogénéisés puis, 25 g de chaque échantillon ont été aseptiquement pesés et ajoutés à 225 ml d'eau peptones. Après mélange, les dilutions décimales ont été effectuées. Les différentes dilutions (10^{-2} à 10^{-9}) ont étéensemencées en double sur des milieux de culture gélosés et incubés à des températures précises en fonction du microorganisme à dénombrer [15]. La méthode d'analyses microbiologiques utilisées est présentée dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Germes et méthode d'analyses microbiologiques

Germes	Milieu de culture et Incubation	Normes/Critères microbiologiques
<i>FMAT</i>	Gélose PCA (Plate Count Agar (Oxoid, Basingstoke, UK), incubé à 37°C pendant 24 heures	[16]
Coliformes totaux	Milieux Mac-conkey et incubées à 37°C pendant 24 h.	[17]
<i>E. coli</i>	Milieux EMB et incubées à 37°C pendant 24 h.	[17]
Levure-Moisissure	Sabouraud contenant la Chloramphenicol, incubée à 25 °C pendant 3 à 5 jours	[18], [19]
<i>Lactobacillus</i>	Milieux MRS et incubé à 37 °C pendant 48 heures	[16]
<i>Streptococcus</i>	Milieux M17 et incubé à 37 °C pendant 48 heures	[16]
<i>Salmonella spp.</i> ,	Pré-enrichissement sur Rappaport-Vassiliadis et un enrichissement sélectif sur gélose SS	[20]

2-4. Traitement et analyses des données

Les données ont été enregistrées sur des fiches techniques et saisies sur Excel 2016. Le logiciel SPSS version 25.0 a été utilisé pour les analyses descriptives (moyenne, Écart-type), l'ANOVA à un facteur pour la comparaison de la moyenne. Le test de Duncan a été utilisé pour comparer les moyennes de l'acidité titrable qui suive une loi normale et le test de Kruskal-Wallis pour l'analyse non paramétrique des données du pH.

3. Résultats

3-1. Variation du pH au cours de la fermentation

Les résultats de l'évolution du pH au cours de la fermentation sont consignés dans le **Tableau 2** ci-dessous.

Tableau 2 : Évolution du pH au cours de la fermentation du lait

Temps	N	Echantillons			P-value
		CYAF	CYSF	PSFS	
T0	2	6,6 ± 0,0 ^a	6,6 ± 0,0 ^a	6,6 ± 0,0 ^a	--
T1 (4 h)	2	4,58 ± 0,09 ^a	4,58 ± 0,09 ^a	4,5 ± 0,0 ^a	0,535
T2 (8 h)	2	4,26 ± 0,09 ^a	4,26 ± 0,09 ^a	4,02 ± 0,0 ^a	0,153
T3 (12H)	2	4,02 ± 0,0 ^a	4,02 ± 0,0 ^a	3,86 ± 0,0 ^b	0,082
T4 (16 h)	2	3,86 ± 0,0 ^a	3,86 ± 0,0 ^a	3,54 ± 0,0 ^b	0,082
T5 (20H)	2	3,86 ± 0,0 ^a	3,78 ± 0,0 ^a	3,54 ± 0,0 ^b	0,115
T6 (24H)	2	3,70 ± 0,0 ^a	3,70 ± 0,0 ^a	3,54 ± 0,0 ^a	0,082

Légende : CYAF : Calebasse Yanerdé avec Ferment, CYSF : Calebasse Yanerdé sans ferment, PSFS : Pot non hermétiquement fermé sans ferment. Les mêmes lettres signifient qu'il n'y a pas de différence entre les échantillons, tandis que les lettres opposées montrent une différence par ligne.

Au cours de la fermentation du lait, le pH enregistré démontre une différence après 12h, entre le lait en calebasse (4,02) de celui en pots (3,86), mais cette différence n'est pas statistiquement significative (p-value = 0,82). Cependant Après 24h de fermentation, les laits caillés en calebasses présentent une différence statistiquement significative par rapport aux témoins en pots (P-value > 5 %).

3-2. Variation de l'acidité titrable au cours du processus de fermentation du lait

Le **Tableau 3** présente les résultats de l'acidité titrable des échantillons de lait en calebasses *yanerdé* (avec ferment et sans ferment), des échantillons en pots non hermétiquement fermé (sans ajout de ferment).

Tableau 3 : Acidité titrable au cours de la fermentation du lait

Temps	N	Echantillons			P-value
		CYAF	CYSF	PSF	
T0	2	23,9 ± 0,56 ^a	23,9 ± 0,56 ^a	29,9 ± 0,56 ^a	--
T1 (4 h)	2	52,30 ± 2,12 ^a	60,65 ± 2,12 ^{a, b}	59,10 ± 2,12 ^b	0,57
T2 (8 h)	2	71,25 ± 2,19 ^a	65,5 ± 2,12 ^a	78,10 ± 2,12 ^b	0,035
T3 (12 h)	2	74,3 ± 2,12 ^a	74,3 ± 0,0 ^a	97 ± 2,12 ^b	0,01
T4 (16 h)	2	90,20 ± 0,0 ^a	88,35 ± 1,62 ^a	97 ± 2,12 ^b	0,022
T5 (20 h)	2	108,05 ± 1,0 ^a	101,55 ± 1,0 ^{a, b}	106,1 ± 2,12 ^b	0,062
T6 (24 h)	2	140,2 ± 2,19 ^a	97 ± 2,12 ^b	107,65 ± 2,19 ^c	0,01

Légende : CYAF : Calebasse Yanerdé Avec Ferment, CYSF : Calebasse Yanerdé Sans ferment, PSF : Pot Non hermétiquement Fermé Sans ferment. Les mêmes lettres indiquent qu'il n'y a pas de différence entre les échantillons, et les lettres contraires indiquent une différence entre elles par lignes.

Les résultats montrent une différence de l'acidité entre les échantillons de lait à 4h de temps de fermentation. En effet, cette acidité est élevée dans le lait enalebasse sans ajout de ferment (CYSF) et celui en pots par rapport aux échantillons de lait en calebasses avec ajout de ferment (CYAF). Cependant, une différence statistiquement significative a été constatée après 8 h, 12 h, 16 h et 20 h de temps de fermentation. Aussi, l'acidité est plus élevée dans les échantillons en pots jusqu'à 16 h de temps de fermentation avec respectivement 97°D et 90,20 -101,55. Cependant, à partir de 20 h de temps jusqu'au 24 h de fermentation, l'acidité devient plus élevée dans les échantillons CYAF par rapport aux échantillons CYSF et PSF (*Tableau 3*).

3-3. Caractéristiques physiques du lait au cours de la fermentation

La *Figure 2* présente les caractéristiques physiques du lait au cours de la fermentation dans les calebasses et dans les pots. Les courbes de la formation de caillots croissent à partir de T1 et se stabilise aux temps T2 et T3 avec un niveau moyen pour les échantillons CYSF et un niveau élevé pour PSF (*Figure 2a*). Autrement dit, les caillots se forme à partir de 4 h et atteint le niveau élevé à 8 h pour le témoin en pots, à 12 h dans la calebasse avec ajout de ferment et à 16 h pour la calebasse sans ajout de ferment. Pour ce qui est de la montée de crème les courbes CYAF et CYSF débute à croître à partir de T2 et atteint le niveau élevé au temps T3 (12 h) et la courbe CYSF en T4(16 h) (*Figure 2b*). La courbe PSF croit à partir de 12 h et atteint le niveau maximum à T5 (20 h). Autrement dit la montée de la crème est observée à partir de 8 h dans les échantillons en calebasse est atteint le niveau maximum à 16 h, néanmoins pour le pot, elle est observée à partir de 12 h et atteint le niveau maximum à 20 h. Après fermentation, l'agencement des différentes couches du lait caillé produit dans les calebasses sont différent de ceux des témoins produits dans pots en plastiques. Dans les deux contenant la crème est la première couche au-dessus, le caillé se place en dessous de la crème laissant le lactosérum au fond de la calebasse. Cependant dans les échantillons en pots le caillé est au fond laissant le lactosérum au milieu.

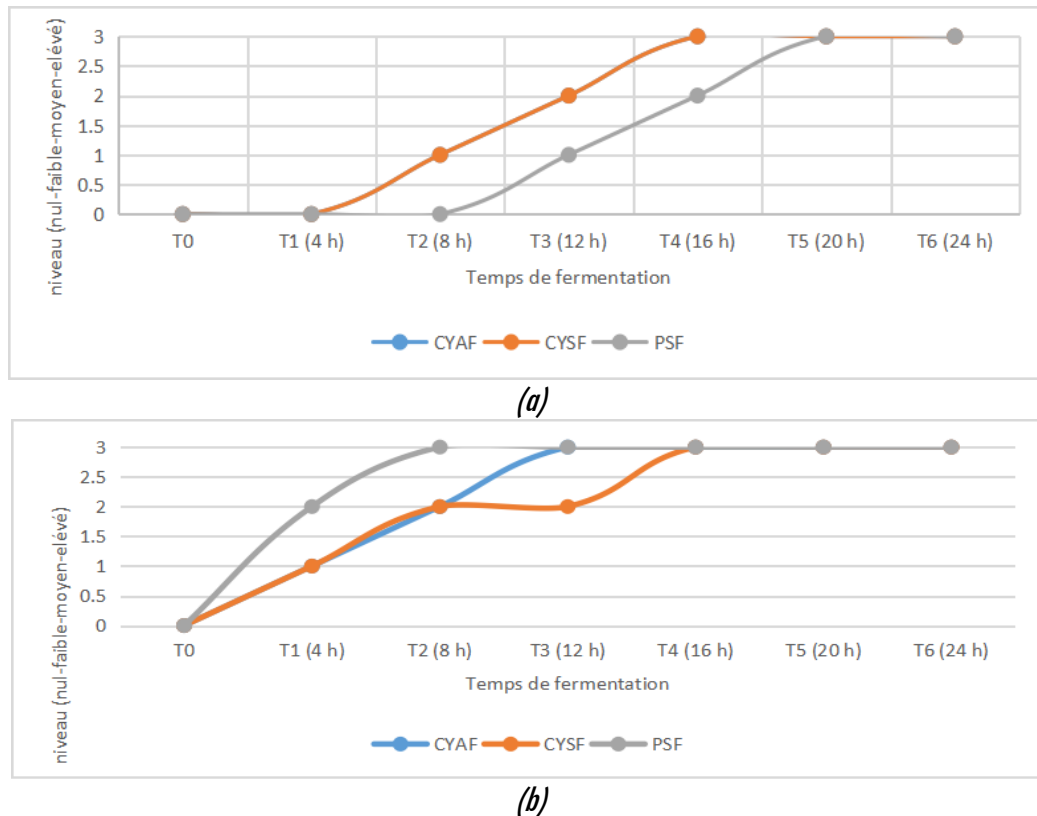


Figure 2 : Caractéristiques physiques du lait au cours de la fermentation : (a) Montée de la crème, (b) Formation de caillot

Légende : MDC : Monté de la crème, FC : Formation du caillot, CYAF : Calebasse Yanerdé Avec Ferment, CYSF : Calebasse Yanerdé Sans ferment, PSF : Pot non hermétiquement fermé. Pour le niveau 0 (Nul), 1(faible);2 (moyen) et 3 (élevé)

3-4. Caractéristiques microbiologiques des échantillons

Le **Tableau 4** présente les résultats de la qualité microbiologiques du lait cru suivants la pratique traditionnelle de traite et celle améliorer.

Tableau 4 : Profil microbiologique des échantillons de lait caillé et du lait cru

Germes UFC/ml	Échantillons				P-value
	LCP	LCAFC	LCSC	LCA	
FAMT	$2,19 \pm 2,19.10^{10}$ a	$2,03 \pm 0,66.10^{11}$ b	$4,64 \pm 0,13.10^{11}$ c	$1,13.10^6$	0,004
C-T	$8,02 \pm 1,05.10^2$ a	$1,06 \pm 0,42.10^8$ b	$2,89 \pm 0,78.10^7$ b	$3,63.10^2$	0,047
L-M	$7,47 \pm 1,6.10^4$ a	$3,8 \pm 1,69.10^6$ a, b	$2,02 \pm 0,6.10^6$ a, b	<100	0,082
<i>Lactobacilles</i>	$1,83 \pm 6,01.10^8$ a	$1,40 \pm 0,03.10^{10}$ b	$1,49 \pm 0,15.10^9$ a	$5,2. \pm 0,03.10^5$	0,003
<i>Lactococcus</i>	$9,56 \pm 2,25.10^9$ a	$1,52 \pm 0,21.10^{11}$ a	$2,75 \pm 3,81.10^{11}$ a	$4,2. \pm 0,01.10^4$	0,552
E-Coli	$3,58 \pm 1,60.10^2$ a	$4,09 \pm 0,63.10^5$ b	$7,09 \pm 2,31.10^4$ b	<10	0,004
<i>Salmonelles</i>	Absence	Absence	Absence	Absence	NA

Légende : Les mêmes lettres signifient qu'il n'y a pas de différence entre les échantillons, tandis que les lettres opposées montrent une différence par ligne. LCP : Lait caillé en pot ; LCSC : Lait caillé en calebasse sans ajout de ferment ; LCAFC : Lait caillé en calebasse avec ajout de ferment. NA : Non applicable.

Le profil microbiologique du lait cru utilisé pour la fermentation révèle que la charge en FAMT est $1,13.10^6$, la flore fongique est inférieure à 100 et une absence de E. coli. Cependant, après fermentation, le profil microbiologique des laits caillés, présente une FAMT, une flore fongique et E. coli variables de l'échantillon LCP aux échantillons LCAFC et LCSC. En effet, cette différence observée, n'est significative que pour la flore fongique avec un p-value >5 %. Par ailleurs, les résultats (Tableau IV) ont révélé une différence pour la charge en flore lactique (lactobacilles) au niveau des échantillons de laits caillés. Ainsi, l'échantillon, LCP ($1,83 \pm 6,01.10^8$) et LCSC ($1,49 \pm 0,15.10^9$) présente une différence statistiquement significative (p-value<5 %) par rapport à LCAFC ($1,40 \pm 0,03.10^{10}$). Néanmoins, ces échantillons ne présentent pas de différence de charge en *Lactococcus*. Aussi, il a été observé une absence de salmonelles dans les échantillons de laits.

4. Discussion

4-1. Caractéristique physique du lait au cours de la fermentation

La fermentation en calebasse présente une meilleure séparation des phases (crème, caillé, lactosérum) par rapport aux pots en plastique. L'écumage n'est pas adapté pour le lait fermenté dans les pots en plastiques, car le lactosérum se situe en dessous de la crème. En effet, [21] avaient rapporté qu'au cours de la fermentation spontanée du lait trois phase se créent dont la crème au-dessus, suivi par le lactosérum au milieu et le caillé au fond. En revanche, lors de la fermentation en calebasse le lactosérum descend au fond laissant la crème enrobant le caillé, ce qui favorisent ainsi l'écumage. La séparation et la montée de la matière grasse sont influencées par la force du réseau protéique formé lors de l'acidification et par la présence éventuelle d'agrégats lipidiques. La calebasse, de par sa nature poreuse de sa paroi interne, peut permettre des échanges gazeux limités (notamment de CO₂ produit par le métabolisme bactérien) qui pourraient influencer l'agrégation des globules gras. Une étude sur les récipients traditionnels a montré que leur nature

hygroscopique et leur microbiome résidentiel peuvent modifier la structuration physique des produits fermentés [22]. La formation et la texture du caillé sont directement liées au taux d'acidification et à l'activité protéolytique des micro-organismes. L'acide lactique produit déstabilise la caséine micellaire en réduisant son charge négative et en dissolvant le phosphate de calcium colloïdal, conduisant à l'agrégation et à la gélification [23]. La calebasse semble avoir une meilleure aptitude technologique que le plastique pour un écumage poste fermentation, d'où son rôle important dans les procédés traditionnels [9].

4-2. Évolution du pH et de l'acidité titrable au cours de la fermentation

Lors de la fermentation en calebasse, l'ajout de ferment n'a pas d'influence sur le pH. Autour de 37°C, la fermentation devient effective au bout de 16 h de temps caractérisé par un pH acide (3,86) et aussi une bonne montée de crème et un bon caillage. Néanmoins, pour une fermentation au-delà de 16 h en pots non hermétiquement fermée, le caillé se durcit, ceci pourrait s'expliquer par les conditions anaérobiques du milieu. La fermentation dans les calebasses permet d'obtenir un lait caillé à faible pH par rapport à celle en pots et aussi un écart de temps de près de 4h de temps en faveur des pots en plastique. Lors du suivi de la fermentation, le pH des différents échantillons a connu une baisse significative entre T0 et T1 (4 heures), passant de 2,02 (calebasse) à 2,15 (pots). Cela dit les souches responsables de la fermentation sont caractérisées par une vitesse d'acidification, comme l'avait démontré [24]. À la température de $36 \pm 2^\circ\text{C}$, la production du lait caillé dans les calebasses a été observée au bout de 16 h, cependant, le temps était moindre dans les pots non hermétiquement fermés. Les résultats du pH à T3 (16 h) corroborent à ceux du Lben obtenu par [25] avec une variation de 3,5 à 4,2 ; cependant, sous une température de $22,5\text{--}29,0^\circ\text{C}$, le pH du Lben était de $5,4 \pm 1,05$ à 13 h de temps. [26] ont trouvé un pH de 5,12 et une acidités de 51°D lors du suivi de la fermentation pendant 8 h à 42°C par l'ensemencement d'une souche de *L. Bulgaricus*. Cela témoigne de la grande diversité de la flore lactique endogène dans le lait au Niger. À température ambiante ($25 \pm 2^\circ\text{C}$), Samet-Bali et Attia [27] ont produit pendant 18h de temps du lait caillé « Raib » avec une différence de pH ($4,45 \pm 0,4$) ; cette différence pourrait se justifier par la température. La faible acidification du CYSF à 24h comparée au CYAF souligne que la flore indigène seule, bien qu'active, n'est pas suffisamment performante pour atteindre le même niveau d'acidité qu'avec l'ajout du ferment. Ceci est souvent observé dans les fermentations spontanées, où la cinétique et le résultat final sont moins reproductibles et moins contrôlés [28].

4-3. Composition microbiologique des laits fermentés

Le suivi de la composition microbiologiques du lait caillé suivant le type de fermentation a montré une différence statistiquement significative des témoins en pots par rapport aux échantillons en calebasses (avec et sans ajout de ferment) sur les coliformes, la flore fongique et les lactobacilles. La charge microbienne totale est considérablement plus élevée dans tous les échantillons de lait caillé ($>10^{10}\text{--}10^{11}$ UFC/ml) que dans le lait cru (10^5 UFC/ml). La différence significative ($p = 0,004$) entre les trois produits fermentés (LCP, LCAPC, LCC) suggère que le contenant (pot vs calebasse) et l'ajout d'un ferment (lait fermenté) influencent la dynamique de croissance globale de la communauté microbienne. La valeur la plus élevée observée dans l'échantillon LCSC (calebasse sans ferment) pourrait indiquer que la flore indigène naturellement présente dans le biofilm de la calebasse est plus diversifiée et/ou abondante que la flore du pot ou que le ferment ajouté [29]. La flore lactique de tous les échantillons répond aux critères de qualités de JORA [18]. Cependant, la concentration en lactobacilles dans le LCAPC (calebasse avec ferment) est significativement plus élevée (10^{10} UFC/ml) que dans les autres échantillons ($10^5\text{--}10^9$ UFC/ml). La valeur intermédiaire du LCSC (10^9 UFC/ml) confirme que la calebasse héberge une flore lactique naturelle active, mais moins performante qu'un ferment (lait caillé de la veille) ajouté. En effet, aucune différence significative n'a été observée pour les lactocoques ($p = 0,552$), bien que leurs concentrations soient très élevées (10^{11} UFC/ml). Cela suggère que les conditions de fermentation

(substrat laitier, température) étaient hautement favorables à la croissance de ce genre, et que l'ajout de ferment a moins d'impact sur sa population finale que sur celle des lactobacilles. La charge élevée en coliformes totaux dans les calebasses par rapport aux témoins en pots (statistiquement significative) avec des variations allant de $1,06 \pm 0,42.10^8$ (LCAFC) à $2,89 \pm 0,78.10^7$ (LCSC) pour les échantillons en calebasses et $8,02 \pm 1,05.10^2$ pour ceux en pots. Ces différences pourront s'expliquer par une contamination exogène provenant du ferment (lait caillé) pour le LCAFC et aussi endogène dû aux calebasses pour le cas de LCSC. Cependant la présence d'*E. coli* dans le témoin pourrait s'expliquer par leurs présences dans le lait cru (LCA) avec une charge < 10 ; mais la différence statistiquement significative des témoins par rapport aux échantillons des calebasses pourrait être attribuée aux caractères non hermétiques des calebasses pendant la fermentation. [30] listent explicitement la difficulté de nettoyage et de désinfection des calebasses comme un inconvénient majeur pouvant conduire à ce type de contamination. Les résultats de cette étude confirment donc un risque sanitaire associé à l'utilisation de récipients traditionnels poreux si les pratiques d'hygiène ne sont pas rigoureusement contrôlées. La forte charge microbienne des échantillons en calebasse sans ajout de ferment par rapport aux témoins en pots démontre une contamination croisée des laits caillés par les calebasses et aussi l'inactivité antimicrobienne des racines de *prosopis africain* lors du lavage des calebasses. La présence de levures et moisissures (L-M) similaire à celle d'*E. coli*, avec des niveaux plus élevés dans les échantillons de calebasse. La nature poreuse et organique de la calebasse peut constituer un réservoir difficile à nettoyer parfaitement, expliquant cette charge microbienne environnementale plus importante comparée au pot [28]. L'acidité produite lors de la fermentation inhibe généralement ces germes, mais apparemment de manière insuffisante dans ce cas, surtout dans le LCSC. En définitive, Ces résultats soulignent l'importance cruciale des Bonnes Pratiques d'Hygiène (BPH) dans la production de lait caillé, qu'elle soit traditionnelle ou améliorée. La désinfection des calebasses à travers des détergents homologués s'avère primordiale pour garantir des produits répondant aux normes sanitaires des aliments.

5. Conclusion

La calebasse est un excellent outil de fermentation du lait, son utilisation remplace l'ajout de ferment. Elle permet de produire du lait caillé en 16 h de temps sous une température de 36 ± 2 °C, la crème en surface enrobe le caillé facilitant ainsi l'écumage. De plus, l'utilisation de pots en plastique hermétiques pour la fermentation permet la fermentation du lait caillé en seulement 8 heures), mais favorise pas un bon écumage. Le nettoyage des calebasses avec les racines de *prosopis africain* ne réduit pas l'activité des microorganismes enfus dans les pores ; D'où la contamination croisée du lait caillé par la calebasse ($2,89 \pm 0,78.10^7$ UFC/ml pour la calebasse sans ferment). L'ajout de ferment dans le lait est aussi une source probable de contamination du lait avec une différence observée en *E. coli* de $7,09 \pm 2,31 .10^4$ (calebasse sans ferment) et $4,09 \pm 0,63.10^5$ (calebasse avec ferment). Des essais doivent être conduits pour le cas du lavage des calebasses avec les tiges de *combretum glutinosum* afin de déterminer leur effet. En somme, du point de vue sanitaire l'utilisation des pots en plastiques pour la fermentation paraît plus efficace. Cependant la désinfection des calebasses avant utilisation paraît être la meilleure option pour garantir la qualité sanitaire du lait caillé.

Références

- [1] - G. DUTEURTRE, Normes exogènes et traditions locales : La problématique de la qualité dans les filières laitières africaines. « *Lait Sain Pour Le Sahel* », (2003) 13 p.
- [2] - O. YOBOM, J. LE GALLO, Food Security and Weather Events: A Multidimensional Analysis in the West African Sahel for 2001–2017. *J Asian Afr Stud.*, (2024), DOI: 00219096231225949. (hal-04610346)
- [3] - R. AGUIRRE-UNCETA, The quest for food security in the Sahel: constraints, current action, and challenges. *J Food Secur.*, 11 (1) (2023) 16 - 29
- [4] - A. T. DIOP, A. ICKOWICZ, M. DIENE et J. C. NZIMULINDA, Production laitière dans la zone sylvopastorale du Sénégal : étude des facteurs de variation et modes de gestion par les populations locales. *Revue d'élevage et de Médecine Vétérinaire Des Pays Tropicaux.*, 62 (1) (2009) 39 - 47. <https://doi.org/10.19182/remvt.10092>
- [5] - DUTEURTRE, GUILLAUME and MIAN OUDANANG KOUSSOU, "Economie Pastorale et Marchés Laitiers Au Sahel : L'âge d'or Du Commerce de Beurre Clarifié Au Tchad de 1930 à 1970." *Revue d'élevage et de Médecine Vétérinaire Des Pays Tropicaux*, 60 (1 - 4) (2007) 29. <https://doi.org/10.19182/remvt.9974>
- [6] - A. WANE, I. TOURE et V. ANCEY, Pastoralisme et recours aux marchés - Cas du Sahel sénégalais (Ferlo). *Cahiers Agricultures*, 19 (1) (2010) 14 - 20. http://www.jle.com/fr/revues/agro_biotech/agr/e-docs/00/04/52/8D/article.phtml
- [7] - JP. ROUAMBA et M. SOWOU, « Lait et Produits Laitiers » étude des chaines de valeur de la filière lait dans les régions de Tahoua et Dosso, (2018) 317 p.
- [8] - MARNISSI, BOUJEMAA EL, R. BELKHOU, A. EL OUALI and L. BENNANI, Microbiological and Physicochemical Characterization of Raw Milk and Some Moroccan Traditional Dairy Derivatives (Lben and Jben)". *Les technologies de laboratoire*, Vol. 8, (33) (2013) 100 - 111 p.
- [9] - MB. NOUHOU, HD. OUMAROU, RS. ABDYOU and A BALLA, Characterization of traditional processes for the production and preservation of curdled milk and butter in pastoral and agro-pastoral areas of Niger. *Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev.*, 25 (6) (2025) 26919 - 26941, <https://doi.org/10.18697/ajfand.143.25860>
- [10] - R. A. ISSA, "Étude de La Coagulation Du Lait Par l'extrait de Feuilles de *Calotropis Procera*, en réponse au contexte laitier dans la région de Maradi, au Niger." Université Bretagne Loire. Thèse de doctorat. (2017) 207 p. <http://www.theses.fr/2017NSARB307>
- [11] - L. LOUTAN, "Nutrition et sante chez un groupe d'éleveurs woodaabe (bororo) du Niger." Niger-Tahoua, (1982) 150 p. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAL429.pdf
- [12] - Y. TINE, M. SENE, K. THIAM, C. GAYE, A. DIALLO, B. NDIAYE, I. NDOYE, A. DIEDHIOU, M. BALDE, M. SECK, D. FALL et A. WELE, Revue des usages traditionnels, composition chimique et propriétés pharmacologiques de *combretum glutinosum* (Combretaceae). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 17 (6) (2023) 2475 - 2489. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v17i6.27>
- [13] - ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION (AFNOR). Lait et produits laitiers ; « Détermination du pH ». (2009) ; FD-V 04-035 ; 375 p.
- [14] - JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE (JORA). En application des dispositions de l'article 19 du décret exécutif n° 90-39 du 30 janvier 1990, modifié et complété, susvisé, le présent arrêté a pour objet de rendre obligatoire la méthode de détermination de l'acidité titrable dans le lait sec, N° 58 (2015) 17 - 19
- [15] - JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE (JORA) n°70 du 7 novembre 2004. Arrêté du 11 septembre 2004 rendant obligatoire une méthode de préparation des échantillons pour l'essai et les dilutions en vue de l'examen microbiologique, (2004a)

- [16] - JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE (JORA) n°32 du 23 mai 2004. Arrêté du 27 mars 2004 rendant obligatoire une méthode de dénombrement des organismes microbiens pour le lait fermenté, (2004b)
- [17] - JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE (JORA) n°43 du 4 juillet 2004c. Arrêté du 24 Mai 2004 rendant obligatoire le dénombrement des coliformes dans le lait fermenté, (2004c)
- [18] - JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE (JORA). En application des dispositions de l'arrêté interministériels du 25 Ramadhan 1418 correspondant au 24 Janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté du 14 Safar 1415 correspondant au 23 Juillet 1994 relative au spécification microbiologique de certaines denrées alimentaires, N°35 (1998) 7 p.
- [19] - ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION (AFNOR). NF V08-059 Microbiologie des aliments - Dénombrement des levures et moisissures par comptage des colonies à 25 °C - Méthode de routine, (2002) 272 p.
- [20] - JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE (JORA), n°42 du 15 juin 2005. Arrêté du 23 janvier 2005 rendant obligatoire une méthode de recherche des *salmonella* dans le lait et les produits laitiers, (2005)
- [21] - G. DEBRY, (COORD.) Lait, nutrition et santé. Paris (France) : Tec & Doc- Lavoisier, (2000) 566 p.
- [22] - J. P. TAMANG, K. WATANABE & W. H. HOLZAPFEL, Diversity of microorganisms in global fermented foods and beverages. *Frontiers in Microbiology*, 7 (2016) 377. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00377>
- [23] - J. A. LUCEY, Cultured dairy products : An overview of their gelation and texture properties. *International Journal of Dairy Technology*, 57 (2-3) (2004) 77 - 84. DOI : <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00142.x>
- [24] - S. LAIRINI, N. BEQQALI, R. BOUSLAMTI and R. BELKHOUE, F. ZERROUQ, "Isolement des bactéries lactiques à partir des produits laitiers Traditionnels Marocains et formulation d'un lait fermenté proche du kéfir." *Afrique SCIENCE*, 10 (4) (2014) 267 - 77
- [25] - BAYILI, Geoffroy Romaric, Pernille Johansen, Dennis S. Nielsen, Hagretou Sawadogo-Lingani, Georges Anicet Ouedraogo, Bréhima Diawara, and Lene Jespersen. "Identification of the Predominant Microbiota during Production of Lait Caillé, a Spontaneously Fermented Milk Product Made in Burkina Faso." *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 35 (7) (2019) 1 - 13. <https://doi.org/10.1007/s11274-019-2672-3>
- [26] - NGOUNOU, C. JIWOUA and R NDJOUENKEU, "Mise En Evidence de la biodisponibilité du calcium et du Magnesium Au Cours de la fermentation du lait par des bacteries Lactiques Isolés du lait caillé de zebu." *Journal of Food Engineering*, 57 (2003) 301 - 304
- [27] - SAMET-BALI, OLFA, and HAMADI ATTIA, "Characterization of Typical Tunisian Fermented Milk, Rayeb", 11 (25) (2012) 6744 - 49. <https://doi.org/10.5897/AJB11.4215>
- [28] - E. MARSHALL & D. MEJIA, Traditional fermented food and beverages for improved livelihoods. FAO Rural Infrastructure and Agro-Industries Division, (2011). Lien : <http://www.fao.org/3/i2477e/i2477e00.pdf>
- [29] - P. LEONE, J. P. TAMANG & F. DE FILIPPIS, Microbiome of traditional fermented foods. In J. P. Tamang (Ed.), *Fermented Foods and Beverages of the World*, 2nd ed., (2020) 1 - 15 p. CRC Press. <https://www.routledge.com/Fermented-Foods-and-Beverages-of-the-World-Second-Edition/Tamang/p/book/9780367374672>
- [30] - A. SAVADOGO, C. A. T. OUATTARA, I. H. N. BASSOLE & S. A. TRAORÉ, Utilisation des Calebasses dans la production de lait caillé au Burkina Faso : avantages et inconvénients. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 8 (1) (2004) 39 - 46. <https://popups.uliege.be/1780-4504/index.php?id=15203>