



**Original Paper**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

## Applicabilité des 5M du système HACCP dans les unités de transformation laitière et effets sur la qualité hygiénique des produits laitiers locaux au Burkina Faso

Seydou TRAORE<sup>1</sup>, Geoffroy Romaric BAYILI<sup>2</sup>, Mariétou SISSAO<sup>3</sup>,  
Boureima SANGARE<sup>4</sup> et Vinsoun MILLOGO<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Université Nazi Boni, Institut du Développement Rural (IDR), Ecole Doctorale Sciences Naturelles et Agronomie, Laboratoire de Recherche et d'Enseignement en Santé Biotechnologie Animales. 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

<sup>2</sup>Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT), Département Technologie Alimentaire (DTA), 01 BP 2393 Bobo-Dioulasso 01- Burkina Faso.

<sup>3</sup>Université Thomas Sankara, Centre Universitaire de Tenkodogo 12 BP 417 Ouagadougou, Burkina Faso.

<sup>4</sup>Université Nazi Boni, Laboratoire de Mathématiques Informatique et Applications, 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

\*Auteur correspondant ; E-mail: [paravins@yahoo.fr](mailto:paravins@yahoo.fr); Tel : +226 70 22 89 95.

Received: 02-09-2022

Accepted: 20-12-2022

Published: 31-12-2022

### RÉSUMÉ

La faible compétitivité des produits locaux face à ceux importés est un handicap à l'essor de la filière laitière locale et pourrait s'expliquer par des insuffisances dans l'application des règles d'hygiène. L'objectif de ce travail était de suivre *in situ* l'application des 5M par les unités de transformation laitière afin de contribuer à la maîtrise de la qualité hygiénique des produits laitiers locaux. L'étude a été conduite de juin 2021 à janvier 2022 au sein de trente (30) unités de transformation laitière sélectionnées dans le bassin laitier Ouest du Burkina Faso pour le suivi à l'aide d'un questionnaire et le prélèvement d'échantillons. Au total, 360 échantillons composés de lait cru et en poudre, des écouvillons de récipients, des parois de mur, des mains du personnel, de la sédimentation de l'air sur des boîtes de pétri, du lait sorti du pasteurisateur et le pot de yaourt ont été analysés. L'analyse statistique a été faite à l'aide des logiciels XLSAT et R. Les résultats pour la flore mésophile aérobie totale ont donné une contamination moyenne de :  $2,1 \times 10^8$  UFC/mL pour le lait ;  $2,3 \times 10^3$  UFC/mL/cm<sup>2</sup> des récipients ;  $2,1 \times 10^4$  UFC/mL/dm<sup>2</sup> pour les parois du mur et l'air ambiant et enfin  $6 \times 10^2$  UFC/mL/cm<sup>2</sup> des mains du personnel. Par contre, le lait sorti du pasteurisateur présentait une charge moyenne de la flore assez faible ( $1 \times 10^2$  UFC/mL). Les yaourts avaient des taux moyens de levures et moisissures ( $5 \times 10^2$  UFC/mL) acceptables. Quant à la composition physico-chimique du lait cru, les valeurs étaient similaires à celles des laits crus au Burkina Faso. L'hygiène du lait, du milieu, du matériel et du personnel demeure préoccupante pour garantir des produits laitiers sains.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés :** Lait cru, yaourt, hygiène, composition, Burkina Faso.

## Applicability of the 5M of the HACCP system in dairy processing plants and effects on the hygienic quality of local dairy products in Burkina Faso.

### ABSTRACT

The low competitiveness of local products compared to imported products is a handicap to the development of the local dairy sector and could be explained by inadequate application of hygiene rules. The objective of this work was to monitor in situ the application of the 5M by the dairy processing units in order to contribute to the improvement of the hygienic quality of local dairy products. The study was conducted from June 2021 to January 2022 in thirty (30) dairy processing units selected in the western dairy basin of Burkina Faso for monitoring using a questionnaire and sample collection. A total of 360 samples consisting of raw and powdered milk, container swabs, wall walls, staff hands, air sedimentation on petri dishes, milk from the pasteurizer and the yoghurt pot were analyzed. Statistical analysis was done using XLSAT and R. The results for total aerobic mesophilic flora gave an average contamination of:  $2.1 \times 10^8$  CFU/mL for the milk;  $2.3 \times 10^2$  CFU/mL/cm<sup>2</sup> of the containers;  $2.1 \times 10^2$  CFU/mL/dm<sup>2</sup> for the walls of the wall and the ambient air; and finally  $6 \times 10^2$  CFU/mL/cm<sup>2</sup> of the staff hands. On the other hand, the milk coming out of the pasteurizer had a fairly low average flora load ( $1 \times 10^2$  CFU/mL). The yoghurts had acceptable average levels of yeasts and molds ( $5 \times 10^2$  CFU/mL). As for the physico-chemical composition of raw milk, the values were consistent with those of raw milk in Burkina Faso. The hygiene of milk, environment, equipment and personnel remains a concern to ensure safe final dairy products.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** Raw milk, yogurt, hygiene, composition, Burkina Faso.

### INTRODUCTION

Au Burkina Faso, l'essor du marché des denrées alimentaires d'origine animale est lié à la forte croissance démographique et à une concentration de la population dans les grands centres urbains. Ainsi, on assiste à l'émergence de nombreuses entreprises alimentaires ayant pour défi principal l'hygiène et la sécurité sanitaire des aliments (Fawzia et al., 2016). En effet, on dénombre plus de 200 maladies, connues à l'échelle mondiale et qui sont transmises par des aliments contaminés dues aux bactéries pathogènes, aux champignons, aux virus et aux parasites (Oliver et al., 2005). Malheureusement, la plupart de ces maladies sont rencontrées dans les pays en développement, occasionnant de nombreux décès selon l'organisation mondiale de la santé (WHO, 2002 ; WHO, 2015). Parmi les aliments incriminés comme sources potentielles de maladies transmissibles à l'Homme par la consommation figurent en bonne place le lait et les produits laitiers. En effet, le lait et ses dérivés sont riches en nutriments, fragiles et propices à la

prolifération des germes pathogènes tels que *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Mycobacterium* spp., *Yersinia* spp., *Brucella*, *Staphylococcus aureus* et enfin *Escherichia coli* (Farat, 2014). Ces micro-organismes pathogènes peuvent être à l'origine de graves infections, notamment chez les personnes âgées, les femmes enceintes, les enfants et les personnes immunodéprimées.

C'est la raison pour laquelle, la question de l'hygiène reste une préoccupation permanente de l'industrie agro-alimentaire et surtout de l'industrie laitière. C'est ce qui a poussé de nombreux pays à produire des règles, des législations et des manuels d'hygiène. En règle générale, un principe fondamental a été édicté sous forme de code d'hygiène à savoir le système HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) entendu en français comme étant l'analyse des dangers et point critique pour leur maîtrise. Parmi les critères de contrôle d'une unité de transformation laitière figure en bonne place l'application du système HACCP pour s'assurer de la qualité hygiénique des produits destinés au marché de consommation.

L'application de ce système exige des investissements importants qui sont rarement rencontrés dans les unités de transformation au Burkina Faso. Ainsi, une question surgit. Comment ces unités respectent-elles le système HACCP pour la validation de leurs produits à la grande consommation ?

Par ailleurs, il est aussi admis qu'au regard de l'exigence du système HACCP pendant le contrôle, certains aspects comme la matière première, le milieu (enceinte et environnement de la laiterie), le matériel, la main d'œuvre (personnel) et la méthode font l'objet d'une attention particulière. Ce sont ces cinq paramètres qui commencent tous par la lettre M qui ont été résumés en 5M et qui constituent une partie du système proche des réalités du Burkina Faso. La contamination du lait et des produits laitiers peut provenir des équipements, de l'environnement, des emballages (Alum et al., 2016) et du personnel (Millogo-Dah et al., 2019). En plus, des travaux antérieurs réalisés au Sénégal (Poueme, 2006), en Côte d'Ivoire (Coulibaly et al., 2018) et en République Démocratique du Congo (Birali et al., 2019) ont révélé que le matériel, l'air ambiant, les surfaces des mains du personnel sont les principales sources de contamination dans la chaîne de production et de transformation laitière.

Au Burkina Faso, la présence d'*Escherichia coli*, de *Streptococcus* spp. et de *Staphylococcus aureus* a été révélée dans quelques produits laitiers locaux dans le bassin laitier de Bobo-Dioulasso (Millogo et al., 2018) et dans certains laits importés contrairement à l'avis de l'opinion générale (Sissao et al., 2015). Ces contaminations ont pour origine probable le manque d'hygiène tout au long de la chaîne de production, de stockage et de manipulation. Ainsi, on constate que les consommateurs présentent un sentiment de doute de plus en plus persistant sur la qualité hygiénique des laits crus, des produits laitiers locaux et préférant ainsi les produits laitiers importés. L'objectif de cette étude est de contribuer à la maîtrise de la qualité hygiénique des produits laitiers locaux au Burkina Faso.

## MATERIEL ET METHODES

### Zone d'étude

Cette étude a été réalisée de juin 2021 à février 2022 dans le bassin laitier Ouest du Burkina Faso notamment dans les villes de Bobo-Dioulasso, de Banfora, de Houndé et de Orodara, ainsi que leurs zones périurbaines, soient 50 km à la ronde (Figure 1).

### Choix des unités de transformation laitière (UTL)

L'étude a été réalisée sur trente (30) unités de transformation laitières dont vingt-deux (22) à Bobo-Dioulasso, quatre (04) à Banfora, trois (03) à Houndé et une (01) à Orodara. Les critères de sélection des UTL de l'étude ont été par ordre d'importance, la transformation du lait cru de vache, le consentement à participer à l'étude, la quantité de lait collecté par jour (100 litres de lait par jour), l'existence d'un système de refroidissement des produits laitiers. Il a été dénombré 120 UTL qui transforment le lait cru de vache et le lait en poudre importé. Cependant, étant donné que 70% des UTL de la zone d'étude transforment du lait en poudre importé. Ainsi, l'étude a porté sur deux catégories d'UTL basée sur le type de lait à savoir vingt-et-deux (22) unités transformatrices du lait cru (UTLC) et huit (08) unités transformatrices du lait en poudre (UTLP).

### Elaboration du questionnaire

Le questionnaire sous forme de fiche a été élaboré à partir du logiciel Sphinx Plus<sup>2</sup> V.5.0. 2011. Au total, vingt-et-une (21) questions ont été générées et organisées au sein de cinq (05) grandes parties (matière première, milieu ou enceinte de la laiterie, matériel, main d'œuvre, méthode). Ces questions qui portaient sur les caractéristiques de chaque M ont été établies en référence au diagramme en arêtes de poissons de Karou Ishikawa en industrie agro-alimentaire et au guide de bonnes pratiques d'hygiène du lait au Burkina Faso (Gret/Iprolait, 2020).

### **Administration du questionnaire**

L'enquête sur l'application des 5M a été menée sous forme d'entretien avec le responsable et quelques employés des UTL avant le démarrage de la transformation du jour. Les informations manquantes ou biaisées ont été complétées par des observations directes de l'environnement durant l'entretien. Pour simplifier la lecture, une numérotation des M a été faite en fonction de la chaîne de transformation (M1 = matière première, M2 = milieu, M3 = matériel, M4 = main d'œuvre et M5 = méthode).

### **Suivi *in situ* de la transformation du lait**

La transformation a été suivie *in situ* en partant de l'étape de nettoyage des locaux et du matériel jusqu'à l'étape du produit laitier fini et conditionné. En effet, dans une UTL, le nettoyage des locaux et du matériel étaient les premières activités observées. Ensuite, la réception du lait cru de vache ou la reconstitution du lait en poudre suivaient comme étapes en fonction des deux catégories d'UTL retenue pour l'étude. La matière première était d'abord filtrée avant de subir l'étape de pasteurisation obligatoire pour le lait cru. Cette étape était facultative pour les UTL transformant le lait en poudre (UTLP). A l'issue de ces différentes phases, le lait pasteurisé était subdivisé en deux quantités selon la commande au sein des UTL transformant du lait cru (UTLC). Une première quantité conditionnée dans des sachets plastiques de 500 mL et la deuxième destinée à la production du yaourt. Ce dernier était obtenu par fermentation du lait pasteurisé ou du lait en poudre reconstitué avec des ferments lyophilisés ou d'un ancien yaourt. La durée moyenne de la fermentation des UTL était de 8 à 12 heures à température ambiante selon la période. Ces différentes étapes du processus de transformation *in situ* ont été accompagnées par un échantillonnage sur les différents M évoqués et qui constituent des éléments du système HACCP.

### **Echantillonnage**

#### ***Prélèvement des laits cru et lait en poudre***

Un échantillon de 200 mL de lait cru a été prélevé dans un tube stérile en plastique dans chacune des UTLC. Cet échantillon a été divisé en deux aliquotes ; 50 mL pour les analyses microbiologiques et 150 mL pour les analyses physico-chimiques. Quant aux UTLP, nous avons prélevé un échantillon de 50 g de lait en poudre dans les sacs de 25 kg.

#### ***Écouvillonnage du matériel***

À l'aide d'un écouvillon stérile, la surface interne de 50 cm<sup>2</sup> du récipient de stockage du lait pasteurisé, a été frottée. Cette surface a été délimitée par un gabarit stérile en inox. La même technique a été réalisée sur le fouet et le bol mais sans délimitation de surface. Chaque écouvillon a été ensuite introduit dans un tube contenant 10 mL d'eau peptonée stérile et conservé dans la glacière où la température a été maintenue entre +10 et +12°C.

#### ***Écouvillonnage des parois des murs et sédimentation sur boîtes de pétri de l'air ambiant de l'UTL***

Il a été réalisé par écouvillonnage sur une surface de 50 cm<sup>2</sup> de trois parois internes du mur de l'atelier de transformation. En outre, à l'intérieur de l'atelier, cinq boîtes de pétri pré-coulées de gélose Plat Count Agar (PCA) ont été disposées dans des différentes salles. Ces boîtes étaient ouvertes afin de permettre une sédimentation de l'air ambiant pendant 10 minutes, au bout desquelles elles étaient refermées et rangées dans la glacière.

#### ***Prélèvement des produits laitiers issus de la méthode de fabrication***

Les échantillons ont été constitués par le prélèvement dans un flacon stérile de 250 mL, de 50 mL de lait à la sortie du pasteurisateur, d'un sachet de 500 mL de lait pasteurisé et d'un pot de yaourt de 250 mL après conditionnement. Pour les villes de Banfora, Orodara et Houndé, l'échantillonnage du yaourt a porté sur la production de la veille à notre suivi en raison de la longue durée de la fermentation et la

réalisation des analyses au laboratoire le même jour au laboratoire.

#### **Écouvillonnage des mains du personnel**

Il a été réalisé par écouvillonnage sur les deux mains des opérateurs avant le conditionnement des produits finis. Les échantillons étaient conservés dans une glacière contenant des glaces préparées la veille afin de maintenir la température entre +10 à +12°C. Ils sont directement transportés au laboratoire pour être conservés dans un réfrigérateur à +4°C. Au total 360 échantillons ont été collectés au cours de l'étude.

#### **Analyse des échantillons**

##### **Analyses microbiologiques**

Tous les échantillons ont été analysés le même jour du prélèvement. Le temps de conservation a varié entre 5 et 10 heures. Les analyses ont été réalisées au sein du laboratoire du Département de Technologie Alimentaire de l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologie de l'Ouest (IRSAT/DAT-DRO). Les analyses ont porté sur la détermination de la flore mésophile totale (FMAT) et des levures et moisissures (LM). La numération de la FMAT a concerné les échantillons de lait cru, de lait en poudre, de lait pasteurisé et les écouvillons de fouet, bol, du récipient de lait pasteurisé et des parois des murs. Elle s'est effectuée sur la gélose Plat Count Agar (PCA) après incubation à 30°C pendant  $72 \pm 3$  heures (ISO 4833-1, 2013). Les LM ont été dénombrées uniquement dans le yaourt sur la gélose Sabouraud Chloramphénicol après incubation à +25°C pendant  $72 \pm 3$  heures (ISO 21527-1, 2008).

##### **Analyses physicochimiques du lait cru**

Les analyses ont été réalisées au sein du Laboratoire de Recherche et d'Enseignement en Santé et Biotechnologie Animales (LARESBA) de l'Université Nazi Boni. Les échantillons destinés à la composition physico-chimique des laits ont été analysés 72 heures au plus après les analyses microbiologiques. Quant au pH, il a été déterminé le même jour que les analyses microbiologiques. En effet, le pH a ainsi été

déterminé sur 100 mL de lait cru pendant la réception dans les UTL durant le suivi *in situ* (pH-mètre, 370 pH Meter Jenway, Union Européenne). La densité, le taux de matières grasses (MG), de matières protéiques (MP), de matière sèche (MS) ont été déterminés par la méthode infrarouge spectroscopie (Dairy Milk Analyser, DMA, 2001, Miris AB, Suède).

#### **Traitement des données et analyses statistiques**

##### **Analyses statistiques des données de suivi in situ des UTL**

Le dépouillement et l'enregistrement des données ont été réalisés sur le logiciel Sphinx Plus<sup>2</sup> V.5.0. 2011. Le logiciel SPSS V21 (Statistical Package for Social Sciences) a été utilisé pour réaliser les statistiques descriptives.

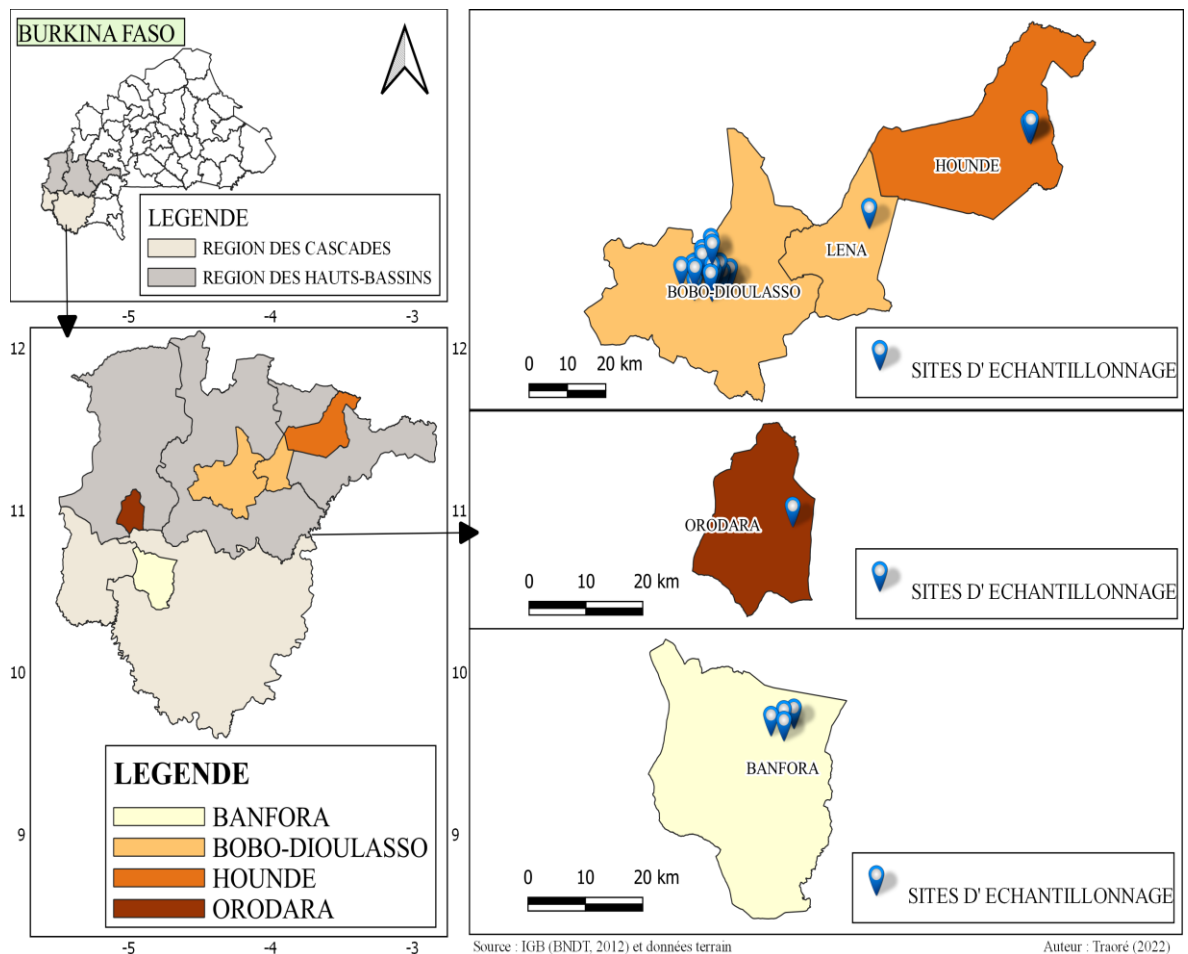
##### **Modèle mathématique des données issues des analyses microbiologiques et physico-chimiques**

Le modèle mathématique suivant a été appliqué à chaque UTL. Soient A, B, C, D et E représentant les 5M dans une UTL. La qualité et/ou l'hygiène d'un produit laitier dépend du respect d'A, B, C, D et E et des interactions entre eux. Cela se traduit par l'équation ci-après :  $Y_{ijklm} = \text{Hygiène}_{\text{produit laitier}}_{\text{UTL}} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + E_m + AB_{ij} + AC_{ik} + AD_{il} + AE_{im} + BC_{jk} + BD_{jl} + BE_{jm} + CD_{kl} + CE_{km} + ABCDE_{ijklm} + \alpha_{ijklm}$ . Dans cette équation :  $\mu$  est la valeur moyenne pour l'ensemble des paramètres mesurés sous l'effet des facteurs ; A = lait ou matière première ; B = milieu de transformation ; C = matériel ; D = main d'œuvre ; E = méthode et  $\alpha$  est égale à l'erreur résiduelle. Les indices i, j, k, l et m sont des entiers naturels représentant le nombre de possibilité d'influence d'A, B, C, D et E au cours de la fabrication d'un produit laitier. En effet,  $i = 1,2,3,4,5\dots n$  ;  $j = 1, 2, 3, 4, 5\dots n$  ;  $k = 1,2,3,4,5\dots n$  ;  $l = 1,2,3,4,5\dots n$  et  $m = 1,2,3,4,5\dots n$ . Ainsi, les facteurs variables du modèle sont les UTL et les 5M. Quant aux variables, elles sont représentées par la FMAT, pH, MG, MP, MS et la Densité.

**Analyse statistique des données issues des analyses microbiologiques et physico-chimiques**

Avant d'effectuer les analyses statistiques, la transformation logarithmique en base 10 ( $\text{Log}_{10}$ ) a été effectuée sur les résultats de la numération de la FMAT et des LM. Ensuite, le test de normalité en suivant la méthode de Shapiro-Wilk. L'hypothèse  $H_0$  (la variable dont provient l'échantillon suit une loi normale) est de 0,70% pour tous les 5M. Les données sur les variables indiquées suivent la

loi normale centrée réduite et on considère que  $\alpha_{ijklm}$  tend vers zéro. Ainsi, les données ont été soumises à l'analyse des variances (ANOVA) grâce au logiciel XLSTAT 2016.02.27444 et la classification ascendante hiérarchique (CAH) des UTL en fonction des données microbiologiques a été faite à l'aide du logiciel R 4.1.2.31115. Les moyennes ont été comparées à l'aide du test de Student (T-test) et les différences ont été considérées comme significatives au seuil de probabilité  $P < 0,05$ .



**Figure 1 :** Géolocalisation des unités de transformation laitière (Conception : par Traoré, 2022 inspiré de IGB/BNDDT, 2012).

## RESULTATS

### Applicabilité et caractéristiques des 5M dans les UTL

L'applicabilité des caractéristiques du M1 a été observée sur 70% des UTL où l'utilisation des bidons en plastiques comme équipements d'approvisionnement était le quotidien de celles-ci (Figure 2a). Par ailleurs, les laits crus faisaient l'objet de test de réception et quelques analyses physico-chimiques étaient réalisées dans 56,7% des cas (Tableau 1).

Pour le M2, l'applicabilité de ces caractéristiques a montré que seulement 10% des UTL (Tableau 1) avaient un bon environnement et emplacement. Les bâtiments étaient subdivisés en différentes salles pour chaque activité et destinés uniquement à la transformation. Cependant, 56,7% des UTL se trouvaient dans des zones d'habitation ou des maisons habitées (Figure 2b et 2c). En plus, certaines UTL étaient situées à proximité des voies circulaires et des salons de coiffures (Figure 2d). L'étroitesse des locaux a permis de constater le non-respect de la marche en avant (90%). Quant aux systèmes d'aération et d'éclairage, ils étaient insuffisants (70%).

Pour le M3, le matériel utilisé pour la transformation était dans un état assez bon (76,7%). Le lavage était suivi d'un rinçage à l'eau de javel dans plus de la moitié des UTL (63,3%) (Tableau 2). Pour le M4, les résultats montrent que dans 80% des UTL, le personnel recevait des formations non formelles continues sur les bonnes pratiques de fabrication (BPF) et d'hygiène (BPH). En revanche, les visites médicales régulières n'étaient pratiquées que par 56,7% UTL (Tableau 2). Le comportement des opérateurs a été noté assez-bon au cours de la transformation (50%). Les tenues et les accessoires de travail pour le personnel étaient présents dans 63,3% des cas avec un bon état dans 50% des cas (Figure 2e).

L'applicabilité des caractéristiques du M5 montre que toutes les étapes ont été observées pendant la fabrication du lait pasteurisé dans toutes les 22 UTL qui en produisaient. En règle générale, 82,8% des

UTL conditionnaient leurs produits dans des sachets, des pots et des bouteilles en plastiques de qualité assez-bonne. Le dispositif de conservation existait et était composé de réfrigérateur. Son adaptabilité était aussi avérée dans 66,7% des UTL pour la conservation des produits laitiers. La quasi-totalité des UTL (93,3%) n'effectuaient aucun contrôle de qualité interne des produits finis avant la commercialisation.

### Evolution de la flore mésophile aérobie totale (FMAT) des 5M au cours de la transformation du lait cru

La Figure 3 présente l'évolution de la flore mésophile aérobie totale (FMAT) au cours de la production d'un produit laitier dans une UTL. Les résultats montrent une courbe décroissante de M1 à M5. En effet, le taux de FMAT varie de  $6,34 \pm 1,48$  à  $1,98 \pm 1,07$  ( $\text{Log}_{10}$  UFC/mL) ou encore de  $2,1 \cdot 10^8$  à  $1,10^2$  UFC/mL. Le M1 a donné un taux de FMAT plus élevé qui est significativement différente de celles obtenues au niveau de M2, M3, M4 et M5 ( $P \leq 0,05$ ). En revanche, M3 représentant le matériel et le M5 représentant la méthode et le produit fini ont donné des valeurs plus faibles. Par ailleurs, la variation du taux de FMAT n'est pas très marquée entre M2, M3, M4 et M5.

### Regroupement des UTL en fonction de la FMT des 5M par une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

Un dendrogramme a été utilisé pour catégoriser les UTL sur la base de la charge bactérienne. Cette catégorisation a été complétée par une carte factorielle regroupant les UTL en cluster. Ce regroupement s'est basé sur la charge bactérienne de chaque point de passage caractérisée par M1, M2, M3, M4 et M5. Le dendrogramme aboutit à 5 grands groupes d'UTL. Le critère de rapprochement était exclusivement la charge bactérienne de chaque M (Figure 4). Le groupe 1 était composé de 04 UTL, le groupe 2 de 03 UTL, le groupe 3 de 07 UTL, le groupe 4 de 06 UTL et le groupe 5 de 10 UTL soit au total 30 UTL (Figure 4 et Figure 5).

Le test de Student (T-test) a permis de comparer ces moyennes au seuil de probabilité 5% entre les différents M et entre les groupes pour le même M. Ainsi, les groupes G3, G4 et G5 présentent des valeurs comprises entre 6 et 7,4 Log<sub>10</sub>UFC/mL pour la FMAT du M1. Ces valeurs sont élevées par rapport à celles des groupes G1 et G2. En revanche, les plus faibles valeurs ( $1,53 \pm 0,45$  à  $1,61 \pm 0,59$  Log<sub>10</sub>UFC/mL) de la FMAT du M5 sont observées dans les UTL des groupes G3, G4 et G5. Toutefois, on constate que les 5 groupes ont des taux différents de FMAT non significatifs ( $P > 0,05$ ) pour les M2, M3 et M4 (Tableau 3).

Le regroupement issu du dendrogramme a aussi permis de faire une analyse statistique en fonction des taux de levures et moisissures (LM) dans les échantillons de yaourt. Les valeurs moyennes présentent très peu de variation entre les différents groupes (Tableau 4).

#### Composition physico-chimique du lait cru

La composition physico-chimique des laits en poudre n'a pas été déterminée car elle existe le plus souvent sur les emballages. Les UTL transformant le lait cru reçoivent des laits de composition physico-chimique semblables (Tableau 4).



**Figure 2 :** a = livraison du lait dans les bidons plastiques, b = laiterie dans une cour habitée, c= laiterie à proximité goudron, d = laiterie au voisinage d'un salon de coiffure, e= opérateurs sans tenues pendant la transformation, (Traoré, 2021).



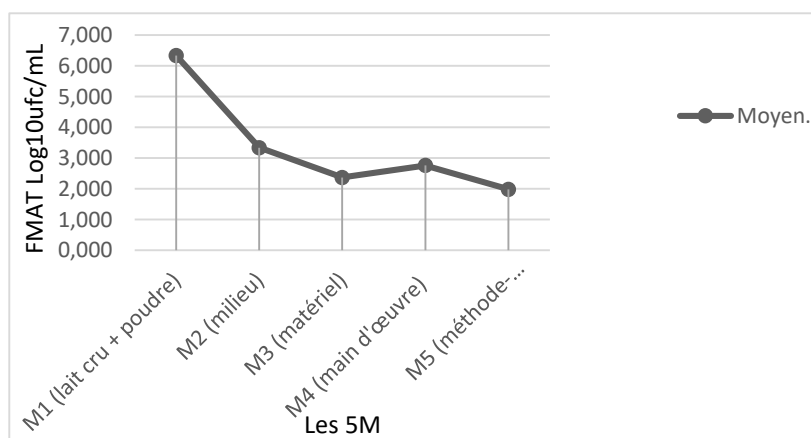
**Tableau 1** : Applicabilité et caractéristiques de la matière première et du milieu (M1 et M2).

<b>M1-matière première</b>		
<b>Nature du lait</b>	Lait cru	73,3%
	Lait en poudre	26,7%
<b>Récipient de collecte de lait cru</b>	Plastique	70%
	Métal	10%
<b>Volume de lait traité en litre</b>	<100	53,3%
	100 à 299	33,3%
	300 à 399	3,3%
	≥500	10%
<b>Tests à la réception</b>	pH	13,3%
	Densité	23,3%
	Ebullition	53,3%
	Absent	43,3%
<b>M2-milieu</b>		
<b>Environnement</b>	Mauvais	56,7%
	Assez-bon	26,7%
	Bon	16,7%
<b>Marche en avant</b>	Respectée	10%
	Non-respect	90%
<b>Eclairage/aération</b>	Insuffisante	70%
	Suffisante	30%
<b>Nettoyage du sol</b>	1fois/jour	20%
	2fois/jour	80%
	Détergent	66,7%
	Désinfectant	26,7%
<b>Nettoyage général</b>	1fois/semaine	10%
	1fois/2semaines	20%
	1fois/mois	26,7%
	Souvent	43,3%

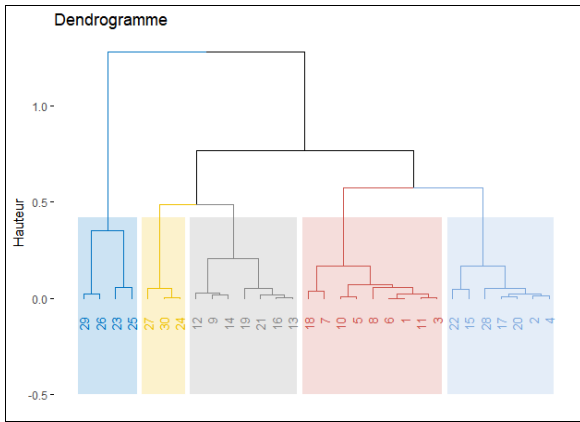
**Tableau 2** : Caractéristiques du matériel, de la main d'œuvre et de la méthode (M3, M4 et M5).

<b>M3-matériel</b>		
<b>Etat</b>	Mauvais	10%
	Assez-bon	76,7%
	Bon	13,3%
<b>Usage</b>	Unique	83,3%
	Multiple	16,7%
<b>Approprié</b>	Adapté	76,7%
	Non-adapté	23,3%
<b>Nettoyage</b>	Eau fraîche	83,3%
	Eau chaude	40%
	Savon	100%

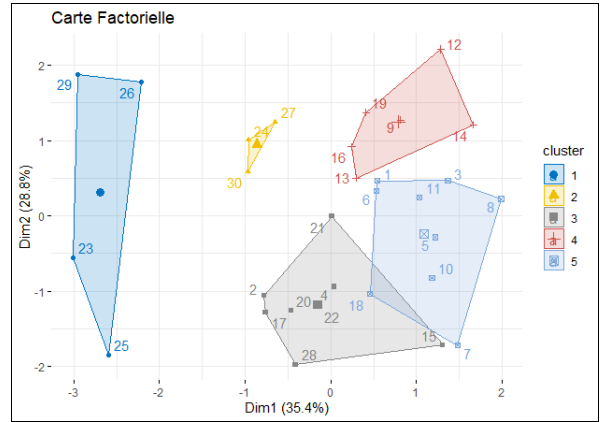
	Désinfectant	63,3%
<b>M4-main d'œuvre</b>		
<b>Formation</b>	Oui	80%
	Non	20%
<b>Visite médicale</b>	Non-effectuée	43,3%
	Effectuée	56,7%
<b>Comportement/hygiène</b>	Mauvais	36,7%
	Assez-bon	50%
	Bon	13,3%
<b>Tenues/accessoires</b>	Absents	36,7%
	Présents	63,3%
	Bon état	50%
	Mauvais état	13,3%
<b>M5-méthodes</b>		
<b>Types de procédés</b>	Effectifs	76,7%
	Incomplet	23,3%
<b>Emballages/étiquetage</b>	Mauvais	17,2%
	Assez-bon	82,8%
	Bon	0%
<b>Dispositif de conservation</b>	Mauvais	33,3%
	Assez-bon	66,7%
<b>Test de sortie</b>	Oui	93,3%
	Non	6,7%



**Figure 3 :** Evolution de la FMAT des 5M au cours de la transformation du lait.



**Figure 4 :** Classification hiérarchique des UTL sur la base de la FMAT de chaque M dans la chaîne de transformation du lait.



**Figure 5 :** Regroupement des UTL sur la base de l'état de l'hygiène (FMAT) au niveau de chaque point de passage pendant la transformation du lait.

**Tableau 3 :** Valeurs moyennes de la FMAT des différents 5M pour les groupes constitués par le dendrogramme et la carte factorielle (M1, M2, M3, M4 et M5 en Logarithme en base 10).

Groupes d'UTL	M1	M2	M3	M4	M5
	UFC/mL	UFC/mL	UFC/mL	UFC/mL	UFC/mL
G1	4,07 ± 0,85 <sup>d</sup>	3,94 ± 1,12 <sup>b</sup>	2,24 ± 0,35 <sup>b</sup>	2,25 ± 1,16 <sup>c</sup>	4,432 ± 0,73 <sup>a</sup>
G2	4,50 ± 0,17 <sup>c</sup>	4,68 ± 0,57 <sup>a</sup>	2,16 ± 0,2 <sup>b</sup>	3,48 ± 0,31 <sup>a</sup>	1,54 ± 0,56 <sup>c</sup>
G3	6,13 ± 1,22 <sup>b</sup>	3,18 ± 0,83 <sup>d</sup>	2,05 ± 0,35 <sup>b</sup>	1,84 ± 0,27 <sup>c</sup>	1,61 ± 0,59 <sup>bc</sup>
G4	7,24 ± 0,50 <sup>a</sup>	3,89 ± 0,72 <sup>b</sup>	3,11 ± 0,39 <sup>a</sup>	2,97 ± 0,55 <sup>b</sup>	1,75 ± 0,26 <sup>b</sup>
G5	7,39 ± 0,86 <sup>a</sup>	2,46 ± 0,72 <sup>c</sup>	2,26 ± 0,37 <sup>b</sup>	3,25 ± 0,56 <sup>ab</sup>	1,53 ± 0,45 <sup>bc</sup>
Statistiques	F = 15,22	F = 6,47	F = 8,17	F = 7,63	F = 2,36
	P <sub>r</sub> < 0,0001	P <sub>r</sub> = 0,001	P <sub>r</sub> = 0,000	P <sub>r</sub> = 0,000	P <sub>r</sub> < 0,0001
	Ddl = 4	Ddl = 4	Ddl = 4	Ddl = 4	Ddl = 4

Les valeurs ayant la même lettre en exposant ne sont pas statistiquement différentes au seuil de p > 0,05 selon le test-t de Student. M1 : matière première, M2 : milieu, M3 : matériel, M4 : main d'œuvre, M5 : méthodes, F : rapport entre les variances, P<sub>r</sub> : p-value issue du rapport F, Ddl : degré de liberté.

**Tableau 4 :** Détermination du taux de levure et moisissure dans le yaourt des différents groupes d'UTL.

Groupes d'UTL	G1	G2	G3	G4	G5
	Log <sub>10</sub> UFC/mL	Log <sub>10</sub> UFC/mL	Log <sub>10</sub> UFC/mL	Log <sub>10</sub> UFC/mL	Log <sub>10</sub> UFC/mL
Moyenne	3,39 ± 0,67 <sup>a</sup>	3,08 ± 0,4 <sup>ab</sup>	2,5 ± 0,89 <sup>ac</sup>	3,08 ± 0,94 <sup>acd</sup>	2,21 ± 0,69 <sup>dc</sup>
Minimum	2,32	2,3	1,32	1,62	1,47
Maximum	5,14	4,07	4,51	5,34	3,74

Les valeurs ayant la même lettre en exposant ne sont pas statistiquement différentes au seuil de P > 0,05 selon le test de Student (T-test)

**Tableau 4** : Composition moyenne physico-chimique du lait cru.

Groupes d'UTL	pH	MS (%)	MG (%)	MP (%)	Densité
G3	6,67 ± 0,16 <sup>a</sup>	10,13 ± 1,04 <sup>a</sup>	4,03 ± 0,54 <sup>a</sup>	2,85 ± 0,97 <sup>a</sup>	1,022 ± 0,007 <sup>a</sup>
G4	6,62 ± 0,22 <sup>a</sup>	10,32 ± 0,66 <sup>a</sup>	4,07 ± 0,34 <sup>a</sup>	3,3 ± 0,48 <sup>a</sup>	1,021 ± 0,002 <sup>a</sup>
G5	6,51 ± 0,17 <sup>a</sup>	9,73 ± 0,69 <sup>a</sup>	3,67 ± 0,41 <sup>b</sup>	3,07 ± 0,72 <sup>a</sup>	1,03 ± 0,05 <sup>a</sup>
Statistiques	F = 0,89	F = 0,912	F = 0,712	F = 1,52	F = 1,29
	P <sub>r</sub> = 0,42	P <sub>r</sub> = 0,414	P <sub>r</sub> = 0,503	P <sub>r</sub> = 0,24	P <sub>r</sub> = 0,29
	Ddl = 2	Ddl = 2	Ddl = 2	Ddl = 2	Ddl = 2

Les valeurs ayant la même lettre en exposant ne sont pas statistiquement différentes au seuil de  $P > 0,05$  selon le test de Student (T-test). MS : matière sèche, MG : matière grasse, MP : matière protéique, F : rapport entre les variances, P<sub>r</sub> : p-value issue du rapport F, Ddl : degré de liberté.

## DISCUSSION

### Etat des différents maillons dans la chaîne de transformation des laits

Le suivi *in situ* des UTL par l'application de la méthode des 5M a permis de caractériser sur le plan hygiénique les différents maillons de la chaîne de transformation laitière. La présente étude montre que 70% des collecteurs fournissaient le lait cru aux UTL dans des récipients en plastiques (bidons de 5, 10 et 20 litres) à col étroit difficiles à nettoyer et à désinfecter créant ainsi des nids microbiens dans les parois internes (Gret/Iprolait, 2020), contre 10% qui livraient dans des récipients en métal (cruche en aluminium) à large ouverture. L'usage majoritaire du matériel en plastique à col étroit est dû à sa disponibilité à un coût abordable. La mesure de la densité et le test par ébullition étaient les analyses les plus réalisées à la réception du lait cru. Cela peut être dû aux moyens financiers limités de certaines UTL à acquérir des appareils de mesure des paramètres physico-chimiques. Pourtant les BPH et BPF en industrie laitière exigent un contrôle strict de ces variables avant toute réception de lait cru (Gret/Iprolait, 2020).

Dans la présente étude, la proportion des UTL (10%) dont les locaux répondaient aux critères d'emplacement selon Gret/Iprolait (2020) est inférieure à celui rapporté par Millogo-Dah et al. (2019) pour les UTL de Ouagadougou où 50% des UTL recensées possédaient des locaux isolés. En effet, un local non-isolé serait une source d'insalubrité

et de désordre (Millogo-Dah et al., 2019). La majorité des UTL (90%) ne respectaient pas la marche en avant ce qui pourrait entraîner des cas de contamination croisées (Tableau 2). Une insuffisance du système d'aération a été constatée pouvant entraîner une accumulation des odeurs, des gaz et des fumées polluant ensuite l'air source de contamination microbienne.

Les bonnes pratiques telles que le nettoyage régulier des locaux, le bon état du matériel et leur facilité à être lavés et désinfectés ont été observés non seulement par notre étude, mais aussi par celle de Millogo-Dah et al. (2019) à Ouagadougou. Les résultats révèlent que 80% des laiteries effectuent des formations en continue sur les BPH et BPF. Ces résultats sont supérieurs à ceux trouvés (63%) par Millogo-Dah et al. (2019). Aussi, la fréquence observée des visites médicales et de l'hygiène du personnel sont satisfaisants par rapport à ceux rapportés dans le Sud-Kivu par Birali et al. (2019). En effet, dans cette région 100% des laiteries enquêtées ne disposaient pas de tenues et accessoires. Par ailleurs, dans 83% des UTL, certains opérateurs ou opératrices portaient des gadgets et fumaient durant la transformation sans aucune visite médicale.

Pour l'étape de la transformation, seules les unités utilisant le lait en poudre n'effectuaient pas la pasteurisation avant la fabrication du yaourt. Les pourcentages de la présente étude sont inférieurs à ceux de Millogo-Dah et al. (2019) et Birbali et al. (2019) qui ont trouvé respectivement 50% et

58% de laiteries au cours de leurs enquêtes. Pour une atteinte des objectifs de la fermentation, la matière première destinée à la fabrication du yaourt doit subir un traitement thermique (FAO, 2021) afin de préserver la réussite de processus de fermentation (éliminer les bactéries indésirables) et la santé des consommateurs. Le yaourt et le lait pasteurisé étaient conditionnés dans des emballages en plastiques dans la quasi-totalité des laiteries avec des étiquettes inadaptées et mal imprimées. Cette pratique ne respecte pas les préceptes du Codex (Codex, 2004). La majorité des UTL conservaient les produits finis sans contrôle qualité préalable dans des réfrigérateurs ou des congélateurs. La méconnaissance de la charge bactérienne et de l'acidité du produit fini peut biaiser le délai de conservation et la péremption.

#### **Etat de l'hygiène au niveau de chaque point de passage pendant la transformation des laits sur la base de la FMAT**

L'analyse de la FMAT présente une charge microbienne du lait cru de  $1,3 \times 10^8$  UFC/mL qui est significativement plus élevée par rapport à celle du lait en poudre ( $1,7 \times 10^5$  UFC/mL). Ces résultats du lait cru sont supérieurs à certains travaux antérieurs qui ont trouvé des valeurs comprises entre  $10^5$  et  $10^7$  UFC/mL (Benalia et al., 2013 ; Hamiroune et al., 2014 ; Coulibaly et al., 2020 ; Compaoré et al., 2021). En revanche, nos résultats sont proches à ceux de Millogo et al. (2010) et Farougou et al. (2011) d'une part, et inférieurs à ceux de  $6,3 \times 10^9$  UFC/mL rapporté par Hamiroune et al. (2016) en Algérie d'autre part. Le taux élevé de FMAT dans le lait cru peut s'expliquer par le non-respect de l'hygiène de la traite, de collecte et de transport mais aussi par l'état de santé de l'animal (Kouamé-Sina et al., 2010 ; Millogo et al., 2010 ; N'goran et al., 2013 ; Sissao et al., 2015). La qualité microbiologique du lait en poudre est acceptable comparativement à la norme précitée. En effet, l'état sec du lait en poudre est un milieu défavorable à la prolifération des micro-organismes. Cependant, il peut être contaminé lorsque la manutention et l'entreposage sont effectués

dans des conditions non hygiéniques. La FMAT des parois des murs et de l'air ambiant des UTL donne une valeur moyenne de  $2,1 \times 10^4$  UFC/mL/cm<sup>2</sup> différente de celle de la FMAT de la matière première ( $P < 0,05$ ). Cette valeur est supérieure à la norme canadienne (2019). Par contre, on note un taux de FMAT faible de  $2,3 \times 10^3$  UFC/mL/cm<sup>2</sup> des matériels utilisés par les UTL. Ce résultat est largement supérieur à la norme précédente évoquée et aux travaux de Lakticova et al. (2020). Cependant, Millogo-Dah et al. (2019) avaient trouvé des valeurs proches. De telles valeurs peuvent s'expliquer par un lavage et une désinfection inefficaces au sein des UTL. L'objectif de ces opérations qui étaient de débarrasser les équipements des impuretés physiques, chimiques mais aussi de détruire les germes microbiens (Codex, 2011) n'a pas été atteint.

Les observations faites sur l'hygiène du personnel durant les enquêtes reflètent les résultats d'analyses microbiologiques des écouvillons issus des mains du personnel. Ces résultats révèlent un taux moyen de FMAT de  $6 \times 10^2$  UFC/cm<sup>2</sup> très proche de ceux de Millogo Dah et al. (2019) Lakticova et al. (2020) ont détecté 50 UFC/cm<sup>2</sup> sur des écouvillons issus des mains du personnel, valeur satisfaisante par rapport à celle de la présente étude. La contamination des aliments par le personnel peut provenir des voies rhinopharyngées mais aussi de la main (Bimbenet et al., 2007 ; Coulibaly et al., 2018). Cependant, un lavage et une désinfection efficaces des mains pourraient réduire considérablement la flore microbienne (Lakticova et al., 2020). La FMAT des laits pasteurisés issu de la méthode (M5) donne une moyenne de  $1 \times 10^2$  UFC/mL est différente ( $P \leq 0,05$ ) des précédentes. Cette valeur est similaire à celle découverte en Egypte (Fawzia et al., 2016). Des résultats supérieurs ont été rapportés par Millogo et al. (2018) et Sissao (2018). L'étape de pasteurisation est un point critique dans la transformation du lait (Fawzia et al., 2016) qui doit s'effectuer pendant 15 minutes à température de 80-85°C afin de détruire les pathogènes thermosensibles (Burke et al., 2018).

Toutefois, les contaminations post pasteurisation sont à surveiller et à éviter.

### **Classification des UTL par regroupement sur un dendrogramme sur la base de la FMAT et comparaison des groupes (FMAT ET LM)**

Sur la base de la FMAT des 5M, les UTL ont été classées en 5 groupes. Les groupes G1 et G2 constitués essentiellement des laits en poudre se révèlent avoir les valeurs de LM très faibles et significatives par rapport à celles des autres groupes G3, G4 et G5 ( $P \leq 0,05$ ) représentés par les laits crus. On observe également des taux meilleurs de LM du yaourt pour les groupes G3 et G5 respectivement  $3 \times 10^2$  UFC/mL et  $1,6 \times 10^2$  mL. Ces résultats sont conformes car inférieurs à  $3 \times 10^2$  UFC/mL comme norme recommandée dans la réglementation Canadienne de 2019. En plus, 43,33% des UTL réparties dans les groupes G1, G2 et G4 avaient des taux de LM acceptables ( $2 \times 10^3$  UFC/mL,  $1 \times 10^3$  UFC/mL). Ces résultats sont proches de ceux trouvés au Cameroun (Maïwore et al., 2018) et également supérieurs à ceux de Fawzia et al. (2016) soit  $25 \times 10^3$  UFC/mL, de Tankoano et al. (2016) soit  $7 \times 10^4$  UFC/mL. Les ferments lactiques du yaourt doivent être abondants dans le produit fini (Codex Stan 243-2003) et grâce à leur activité antibactérienne, inhiber la croissance des germes pathogènes (Ross et al., 2002). Malheureusement, le yaourt est un milieu favorable au développement des acidophiles (levures et moisissures) compromettant la qualité hygiénique du produit (Oyeleke, 2009).

La composition physico-chimique du lait cru des groupes G3, G4 et G5 donne des valeurs de pH dont la moyenne était de  $6,67 \pm 0,16$ . Cette valeur moyenne est proche de la norme FAO qui est de 6,6 pour le lait cru. En revanche, cette valeur est supérieure à celles de Compaoré et al. (2021), Tankoano et al. (2016), et Koussou et al. (2007). Par ailleurs, un faible pH ( $6,51 \pm 0,17$ ) a été observé dans le G5. Cela peut être dû à l'activité des bactéries lactiques favorisée par les mauvaises conditions de collecte et de transport du lait cru de la ferme à la UTL. Les taux moyens de

matière sèche, de matières grasses et de matières protéiques étaient respectivement 10%, 3,88% et 3,07%. Les taux de matière sèche et de matières protéiques sont plus faibles que des taux préalablement rapportés par Millogo et al. (2018) et Coulibaly et al. (2018). Ces faibles taux pourraient être liés aux différents laits collectés dans chaque unité de transformation et la grande variabilité de ces paramètres dans l'industrie laitière. La race, la saison, le stade de lactation, le rang de mise bas ainsi que l'alimentation peuvent tous être des causes de variation de la composition du lait cru également de la faible productivité laitière (Sraïri et al., 2005 ; Elvan et Sebnem, 2008, Mansour, 2015 ; Zampaligré et al., 2019). Les valeurs de la densité de la présente étude variaient entre  $1,0221 \pm 0,007$  à  $1,039 \pm 0,057$  et l'écart n'est pas significatif avec celles (1,028 et 1,033) de Millogo et al. (2010).

### **Conclusion**

Cette étude a permis de *suivre in situ* l'applicabilité des 5M du système HACCP par les UTL. Les résultats d'analyse révèlent une qualité microbiologique de la matière première (M1) non-satisfaisante (premier point critique). Il y a un besoin de la chaîne d'approvisionnement de la ferme à l'UTL en termes de qualité bactériologique des laits crus. Par contre, la qualité physico-chimique des laits crus était acceptable. La deuxième observation importante est qu'il ressort que le personnel (M4) est la principale source de contamination dans la chaîne de transformation. Cette étape s'est avérée être le deuxième point critique de contrôle pour toutes les UTL. Les contaminations dues aux M2 (milieu) et M3 (matériel) étaient contrôlées ainsi que le niveau M5 (méthodes). Par ailleurs, on constate que le respect des 5M varie d'une unité à l'autre et que l'hygiène d'un produit laitier en dépend. Ainsi, la qualité hygiénique du lait pasteurisé était satisfaisante dans 26/30 UTL. Quant à celle du yaourt elle était satisfaisante dans 17/30 et acceptable dans 13/30. En définitive, la matière première (lait cru) a révélé un problème d'hygiène d'une manière générale pour toutes les UTL. Cela peut être résolu par

la mise en place d'un modèle de collecte du lait cru par une recherche ultérieure, harmonisée et applicable à toutes les exploitations de productions et de transformation des produits laitiers.

#### CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

#### CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

La collecte et le traitement des données ainsi que la rédaction du manuscrit ont été réalisés par ST. GRB a supervisé les manipulations microbiologiques et participer à la rédaction du manuscrit. MS a contribué à l'élaboration du protocole expérimental ainsi qu'à la rédaction du manuscrit. BS a supervisé les analyses statistiques et le modèle mathématique. VM a entériné le protocole expérimental, contribuer à la rédaction et à la correction du manuscrit. Il est le superviseur scientifique de cette étude.

#### REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier le Laboratoire de Recherche et d'Enseignement en Santé et Biotechnologie Animales (LARESBA) de l'Université Nazi Boni (UNB) pour le financement de ce travail. Ils remercient également l'Institut de Recherche en Sciences et Technologies (IRSAT) à travers le Département de Technologie Alimentaire (DTA)/Direction Régionale de l'Ouest (DRO) pour leurs appuis techniques et les facilités de manipulation. Nos remerciements s'adressent aux promoteurs et promotrices des unités de transformation laitière du Houet, du Tuy, du Kéné Dougou et de la Comoé, de la coopérative Nèma de Bobo-Dioulasso, de l'union nationale des mini-laiteries et des producteurs de lait local du Burkina Faso (UMPL-B) et de la plateforme d'innovation lait de Banfora pour leur franche collaboration ayant contribué à la réussite de la présente étude.

#### REFERENCES

Akabanda F, Owusu-Kwarteng J, Tano-Debrah K, Glover RLK, Nielsen DS, Jespersen L. 2013. Taxonomic and molecular characterization of lactic acid

bacteria and yeasts in nunu a Ghanaian fermented milk product. *Food Microbiology*, **34**(2): 277-283. DOI: 10.1016/j.fm.2012.09.025.

Alum EA, Urom SMOC, Ben CMA. 2016. Microbiological Contamination of Food: The Mechanisms Impacts and Prevention. *Intl. J. Sci. Tech. Resear.*, **5**(3): 65-78.

Bimbenet JJ, Duquenoy A, Trystram G. 2007. Génie des Procédés Alimentaires. Des bases aux applications. Dunod : Paris, p. 567.

Birali M, Sumbu Z, Walangululu J, Busime M, Cirhuza M. 2019. Analyse des pratiques d'hygiène et de fabrication et évaluation de la qualité du Mashanza dans 12 unités de production au Sud-Kivu. *Journal of Animal & Plant Sciences*, **42**(3): 7314-7329. DOI: <https://doi.org/10.35759/JANmPlSci.v42-3.4>.

Burke N, Zarcharski KA, Southem M, Hogan P, Ryan MP, Adley CC. 2018. The Dairy Industry: Processing, Monitoring, Standards, and quality. *IntehcOpen*, Chapter 1: 1-25. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.80398>.

Codex alimentarius. 2003. Normes pour les laits fermentés. (CXS 243-2003), 1-6.

Codex alimentarius. 2011. Laits et produits laitiers. (CAC/CRP-57-2004), 30-36.

Codex alimentarius. 2004. Code d'usages en matière d'hygiène pour le lait et les produits laitiers. (CAC/RCP 57-2004), 3-40.

Codex alimentarius. 2011. Principes généraux d'hygiène alimentaire. (CXC 1-1969), 20-28.

Compaoré CS, Tapsoba FW, Parkouda C, Kompaoré R, Bayili RG, Diawara B, Savadogo A, Jespersen L, Sawadogo-Lingani H. 2021. Biochemical and Microbiological Characteristics of Raw Milk and Curdled Milk Originated from the Central Region of Burkina Faso. *American Journal of Food and Nutrition*, **9**(1): 7-15. DOI : 10.12691/ajfn-9-1-2.

Coulibaly A, Samaké F, Adamou M, Sanogo Y. 2020. Qualité du lait cru local produit à Bamako. Symposium Malien sur les

- Sciences Appliquées (MSAS) 11<sup>ème</sup> Conférence, 21-23, décembre 2020, 207-212. DOI : 10.13140/RG.2.2.18783.28324.
- Coulibaly I, Koume K, Condé F, Foba FI, M'Bengue GVC, Guessenn N, Tiekoura KB, Konaté I, Koné D. 2018. Evaluation du risque de contamination des préparations lactées au service de néonatalogie du CHU de Treichville et résistance aux antibiotiques de la flore bactérienne. *Agronomie Africaine*, **30**(2): 205-214.
- Elvan O, Sebnem SI. 2008. The Effect of Seasonal Variation on the Composition of Cow Milk in Van Province. *Pakistan Journal of Nutrition*, **7**(1): 161-164. DOI: 10.3923/pjn.2008.161.164.
- FAO. 2021. Guide des bonnes pratiques de réduction des pertes du lait dans les centrales laitières. Tunis. DOI : <https://doi.org/10.4060/ca5743fr>, 11-20.
- Farat L. 2014. Produits laitiers et santé. Diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université Claude Bernard - Lyon 1, p. 109.
- Farougou S, Kpodékon TM, Sessou P, Youssao I, Boko C, Yèhouenou B, Sohounhloué D. 2011. Qualité microbiologique du lait cru de vache élevée en milieu extensif au Bénin. Actes du 3<sup>ème</sup> Colloque des Sciences, Cultures et Technologies de l'UAC-Bénin, 6-10 juin 2011 au Centre CIEVRA : actes Volume 1.
- Fawzia HRAR, Amany RE, Sabah SA, Hassan MS. 2016. Implementation of hazard analysis and critical control point (HACCP) system in dairy processing. *Int. J. Adv. Res.*, **4**(3): 950-966.
- Gouvernement du Québec. 2019. Lignes directrices et normes pour l'interprétation des résultats analytiques en microbiologie alimentaire, 31-39.
- Gret, Iprolait. 2020. Maîtrise de la qualité de la transformation laitière au Burkina Faso- Guide de bonnes pratiques d'hygiène du lait, 10-90.
- Hamiroune M, Berber A, Boubekeur S. 2014. Qualité bactériologique du lait cru de vaches locales et améliorées vendu dans les régions de Jijel et de Blida (Algérie) et impact sur la santé publique. *Ann. Méd. Vét.*, **158**(2): 137-144.
- Hamiroune M, Berber A, Boubekeur S. 2016. Evaluation of the bacteriological quality of raw cow's milk at various stages of the milk production chain on farms in Algeria. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, **35**(3): 937-946.
- Kouamé-Sina SM, Bassa A, Dadie A, Makita K, Dje M, Bonfoh B. 2010. Analyse des risques microbiens du lait cru local à Abidjan (Côte d'Ivoire). *RASPA.*, **8**(5): 35-42.
- Koussou MO, Grimaud P, Mopaté LY. 2007. Evaluation de la qualité physico-chimique et hygiénique du lait de brousse et des produits laitiers locaux commercialisés dans les bars laitiers de N'Djamena au Tchad. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **60**(1-4): 45-49. DOI: <https://doi.org/10.19182/remvt.9976>
- Lakticova KV, Vargova M, Sasáková N, Zigo F. 2020. Assessment of the Hygiene Level in the Dairy Processing Plant. *Asian Journal of Agriculture and Food Sciences*, **8**(6): 175-180. DOI: <https://doi.org/10.24203/ajafs.v8i6.6438>.
- Maïwore J, Baane MP, Ngouné TL, Fadila JA, Yero YM, Montet D. 2018. Qualité microbiologique et physico-chimique des laits fermentés consommés à Marou (Cameroun). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **12**(3) : 1234-1246. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i3.13>
- Mansour LM. 2015. Etude de l'influence des pratiques d'élevage sur la qualité du lait : effet de l'alimentation. Thèse de doctorat, Université de Ferhat Abbas Sétif 1, Algérie, p. 190.
- Millogo V, Sissao M, Ouédraogo GA. 2018. Qualité nutritionnelle et bactériologique des échantillons de quelques produits laitiers locaux de la chaîne de production au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **12**(1) : 244-252. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i1.19>
- Millogo V, Svennersten SK, Ouédraogo GA, Agenäs S. 2010. Raw milk hygiene at farms, processing units and local markets in Burkina Faso. *Food Control*, **21**(7):



- 1070-1074. DOI: 10.1016/j.foodcont.2009.12.029.
- Millogo-Dah PA, Nikièma F, Cissé H, Somda A, Ouédraogo AAW, Tankoano A, Somda NS, Sawadogo-Lingani H, Savadogo A. 2019. Evaluation of Food Safety Management in Artisanal and Semi-Industrial Dairies of Ouagadougou, Burkina Faso. *Journal of Food Security*, **7**(3): 80-89. DOI: 10.12691/jfs-7-3-3.
- N'Goran KE, Yapi-Gnaoré CV, Fantodji TA, Coulibay JK, Aké YA. 2013. Qualité hygiénique et prévalence de contamination du lait des fermes péri-urbaines dans le district des lagunes (au sud de la côte d'ivoire). *Agronomie Africaine*, **25**(3) : 239-249.
- Norme ISO (International Organisation for Standardization) 21527-1. 2008. Microbiologie des aliments-Méthode horizontale pour le dénombrement des levures et moisissures-Partie 1 : Technique par comptage des colonies dans les produits à activité d'eau supérieure à 0,95, p. 6.
- Norme ISO (International Organisation for Standardization) 4833-1. 2013. Microbiologie de la chaîne alimentaire-Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes-Partie 1 : Comptage des colonies à 30°C par la technique d'ensemencement en profondeur, p. 9.
- Oliver SP, Jayarao BM, Almeida RA. 2005. Foodborne Pathogens in Milk and the Dairy Farm Environment: Food Safety and Public Health Implications. *Foodborne Pathogens and Disease*, **2**(2): 115-29. DOI: <https://doi.org/10.1089/fpd.2005.2.115>.
- Oyeleke S. 2009. Microbial assessment of some commercially prepared yoghurt retailed in Minna, Niger State. *Afr. J. Microbiol. Res.*, **3**(5): 245-248. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJMR.9000485>.
- Poueme-Namegni RS. 2006. Contribution à l'étude de la qualité microbiologique du lait dans la filière artisanale au Sénégal. Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, p. 164.
- Sissao M, Millogo V, Ouédraogo GA. 2015. Composition chimique et qualité bactériologique des laits crus et pasteurisés au Burkina Faso. *Afrique Science*, **11**(1): 142-154.
- Sissao M. 2018. Amélioration de la production laitière de la vache Zébu Peulh des élevages laitiers traditionnels par la multiplication de la fréquence de la traite au Burkina Faso et au Sénégal. Thèse de doctorat, Université Nazi Boni, Burkina Faso, p. 199.
- Sraïri MT, Hasni-Alaoui I, Hamama A, Faye B. 2005. Relations entre pratiques d'élevage et qualité globale du lait de vache en étables suburbaines au Maroc. *Revue Méd. Vét.*, **156**(3) : 155-162.
- Tankoano A, Kabore A, Savadogo A, Soma A, Fanou-Fogny A, Compaore-Seremé A, Hounhouigan JD, Sawadogo-Lingani H. 2016. Evaluation of microbiological quality of raw milk, sour milk and artisanal yoghurt from Ouagadougou, Burkina Faso. *Afr. J. Microbiol. Res.*, **10**(16): 535-541. DOI: 10.5897/AJMR2015.7949.
- WHO (World Health Organization). 2002. WHO global strategy for food safety safer food for better health. World Health Organization, Geneva Switzerland ISBN 924 154574 7, 6-10.
- WHO (World Health Organization). 2015. WHO global strategy for food safety safer food for better health. World Health Organization, Geneva Switzerland ISBN 924 154574 7, 8-24.
- Zampaligré N, Savadogo I, Sanagré M. 2019. Analyses des paramètres démographiques et zootechniques du cheptel bovin des élevages péri-urbains laitiers de la ville de Bobo-Dioulasso à l'Ouest du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **13**(1): 441-451. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i1.3>.