

Détermination de la qualité physico-chimique du lait cru vendu sur les marchés de la commune urbaine d'Antananarivo

**Razafinarivo Tsirinirina Donnah¹, Rasoavololona Mevatiana Natacha², Reine Marie
Lucie², HEVIDRAZANA Jean Lys², MAMINIAINA Fridolin³**

¹Ecole Professionnelle Supérieur Agricole de Bevalala, Université-magis d'Antananarivo, Madagascar,

²Département des Recherches Zootechniques Vétérinaires et Piscicoles FOFIFA/DRZVP, BP1690,

Antananarivo, Madagascar

natachamevatiana@gmail.com

RESUME

La demande en lait et ses produits dérivés ne cessent d'augmenter à Madagascar. Cependant, la consommation reste encore très faible par rapport à la moyenne mondiale. Malgré cette faible consommation, plusieurs fraudes notamment sur l'ajout d'eau dans le lait sont suspectes par les consommateurs. Ainsi, l'objet de cette étude s'intitule sur la détermination de la qualité nutritionnelle du lait vendu dans les marchés d'Antananarivo. Des enquêtes auprès des fournisseurs de laits suivis de prélèvement d'échantillons pour des analyses au laboratoire du FOFIFA/DRZVP ont été effectuées dans les six arrondissements d'Antananarivo. Les analyses concernent principalement les éléments nutritifs indispensables dans le lait tel : la protéine, le glucide, le lactose, pH, la densité, etc. Les résultats ont montré que seuls 15,38 % des échantillons de lait n'ont pas été mouillés et que plus de 3 % sont mouillés jusqu'à 99 %. En fonction de la quantité d'eau ajoutée dans le lait seul la température de congélation et le pH du lait accentuent mais la valeur nutritionnelle du lait diminue. Des modèles de prédiction de la qualité du lait en fonction de la quantité d'eau ont été élaborés. D'autres perspectives sont à envisager comme pour la prédiction de la qualité du lait à partir de la détermination de la densité par un lactodensimètre.

Mots-clés : CUA, Nutrition, Analyse, Norme, Bovin

Abstract

The demand for milk and its by-products continues to increase in Madagascar. However, consumption is still very low compared to the world average. Despite this low consumption, several frauds, particularly on adding water to milk, are suspect by consumers. Thus, the object of this study on determining the nutritional quality of milk sold in the markets of Antananarivo. Surveys of milk suppliers followed by sampling for analyzes at the FOFIFA / DRZVP laboratory were carried out in the six districts of Antananarivo. The analyzes mainly concern the essential nutrients in milk such: protein, carbohydrate, lactose, pH, density, etc. The results showed that only 15.38% of the milk samples were not wet and more than 3% were wet up to 99%. It has also been shown that the nutritional value of milk decreased depending on the amount of water added to it safe the pH and the freeze point augment. Models to predict the quality of milk as a function of the quantity of water have been developed. Other perspectives are to be considered as for the prediction of the quality of the milk from the determination of the density by a lactodensimeter.

Keywords: CUA, Cattle, Analysis, Norm, Nutrition

INTRODUCTION

L'agriculture et l'élevage font partie du secteur primaire. Ce secteur prédomine largement dans l'économie de Madagascar. Il représente 29.1% du PIB du pays et emploie plus de 80% de la population active (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation Français, 2016). La plupart des ménages se baignent dans ce domaine qui est considéré comme première source de revenus et source d'épargne à Madagascar. Le cheptel bovin est estimé à 9.7 millions de tête (ANDRIAMANDROSO, 2014). Dont, une partie prépondérante est occupée par l'élevage des vaches laitières (filrière lait). Selon le CIRAD, les exploitations agricoles productrices de lait à Madagascar sont estimées au nombre de 60 000. Par ailleurs, le lait et ces produits dérivés jouent un rôle important dans l'alimentation humaine par son aspect nutritionnel remarquable. C'est un aliment constructeur hautement nutritif par sa richesse en glucide, protéine, lipides, vitamines et sels minéraux. De plus,

c'est un aliment équilibré, qui contient tous les nutriments indispensables à l'organisme. Le lait est aussi indispensable pour la croissance et le développement des enfants et peut être consommé à tous les âges de la vie. La production nationale est assurée par les éleveurs qui se trouvent principalement dans les hautes terres malgaches. Selon les données fournies par le département ministériel, la production totale de lait à Madagascar est estimée à 100 millions de litres par an, avec 68 millions de litres de lait proviennent des vaches laitières de races étrangères et 33 millions pour les vaches des races locales (Département ministériel, 2018). Mais la demande en matière de lait et des produits dérivés ne cesse d'augmenter dans toute l'île. Cette demande est estimée à 140 millions de litres par an. Ainsi, le lait produit n'arrive pas à couvrir les besoins nationaux (MANDIMBISOA R, 2020). La consommation du lait s'éleva à 15 kg/ hab /an pour Madagascar, contre une moyenne mondiale de 20 kg/ hab /an. Sur ces 15 kg de consommation annuelle, 9 kg proviennent des importations et plus de 5 kg sortent de la production nationale. Le taux de la production de lait par rapport à la consommation à Madagascar est encore très insuffisant, et encore très faible par rapport à d'autres pays (MECI, 2009). Malgré cette faible consommation, il y a également les fraudes effectuées par les revendeurs de lait à Madagascar. Ces fraudes affectent généralement la qualité nutritionnelle du lait.

Ainsi se pose la problématique si « Est-ce qu'il y a vraiment des fraudes dans la filière lait à Madagascar et, est-ce que ces fraudes affectent sur qualité du lait ? ».

D'où l'objet de cette étude qui consiste à déterminer la qualité du lait cru vendu par les revendeurs de lait dans les marchés de la Commune Urbaine d'Antananarivo. Spécifiquement, cette étude vise à déterminer les provenances des laits vendus à Antananarivo, déterminer la teneur en différent nutriment et déterminer la qualité du lait en fonction de la quantité d'eau ajoutée. Dans cette étude les hypothèses à vérifiées sont : la majeure partie des laits vendus dans les marchés d'Antananarivo sont mouillés et l'ajout d'eau affecte sur la qualité nutritionnelle du lait.

1. Matériels et méthodes

1.1. Contexte général

Le lait se définit comme étant le liquide produit par les femelles de mammifères. C'est un aliment complet qui assure la subsistance du jeune au début de leurs vies, grâce à sa richesse en graisses émulsionnées, en protides, en lactose, en vitamines

et en sels minéraux (Grenon *et al.*, 2004). La dénomination « Lait » est réservée exclusivement au produit de la sécrétion mammaire obtenue par une ou plusieurs traites sans aucune addition ni soustraction. Cette dénomination sans indicateur de l'espèce animale de provenance est réservée au lait de vache. Tout lait produit par une autre femelle laitière doit être désigné de dénomination "Lait" suivi de l'indicateur de l'espèce animale, dont il provient (Luquet, 1985 ; Larpent, 1986). Le lait est l'aliment vital par excellence, à la fois une ressource alimentaire et symbole de pureté, synonyme de richesse et d'abondance. Il a traversé des siècles et reste aujourd'hui un des aliments les plus présents dans notre quotidien. Le lait destiné à l'alimentation humaine a été défini en 1908, au cours du Congrès International de la Répression des Fraudes à Genève comme étant le produit intégral de la traite d'une femelle laitière bien portante et bien nourrie. Ce lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum (Alais, 1975). La composition du lait varie suivant plusieurs paramètres tels que la race, les périodes de lactation, l'alimentation, la saison, l'âge et l'espèce (VIGNOLA ,2002). En moyenne, le lait est composé de 87,3% d'eau, 3.9% de matière grasse, 3.4% de protéine, 4,9% en lactose, 0.9 de cendre, ainsi que des vitamines, enzymes et gaz dissous à l'état de trace (Alais C., 1984 ; Bourgeois et al., 1990)

1.2. Zone d'étude

La zone d'étude correspond à la capitale de Madagascar qui est situé dans la région Analamanga, Province d'Antananarivo, District d'Antananarivo Renivohitra et Commune Urbaine d'Antananarivo (CUA). Elle se situe dans la partie centrale de l'île. Cette commune est divisée en six arrondissements et subdivisée en cent quatre-vingt-douze Fokontany. La région Analamanga est le premier consommateur de lait et de produits laitiers à Madagascar qui est de l'ordre de 20% de la consommation totale, pour une population qui représente 14.5% de l'effectif totale. Cependant, la consommation à Madagascar reste faible car elle est estimée à 5 litres par habitant par an contre 25 litres en Afrique et 60 litres selon la norme mondiale. Cette faible consommation est encore accentuée par la présence de nombreuses fraudes dans cette filière notamment sur l'ajout d'eau dans le lait frais vendu sur le marché. Ces fraudes sont principalement localisées dans la ville d'Antananarivo. Ainsi, ces diverses raisons nous ont poussées à choisir la CUA comme zone d'étude.

1.3. Collecte d'échantillons

Une enquête préliminaire a été effectuée au niveau du Malagasy Dairy Board (MDB) pour déterminer les principaux grossistes de lait cru dans les six arrondissements de la commune urbaine d'Antananarivo. Arrivée sur chaque grossiste, des enquêtes sont effectuées pour déterminer les différentes voies de distribution et les différents revendeurs de lait dans ledit arrondissement. Quatre marchés par arrondissement ont été choisis pour représenter l'ensemble dont le nombre total des fournisseurs enquêtés était de 286 qui se répartissent dans 24 quartiers des six arrondissements de la CUA. Lorsque ces différents points de vente sont déterminés, des enquêtes suivies de collecte d'échantillon de lait sont effectuées. Ces enquêtes étaient basées principalement sur la provenance du lait, le volume d'approvisionnement et la typologie du fournisseur. La collecte, le transport, et le stockage des échantillons de lait peuvent tous affecter la qualité des résultats. C'est pourquoi divers procédés de vérifications ont été mis en place tout au long du processus d'échantillonnage, afin d'assurer que les échantillons arrivent au laboratoire en parfait état. Par ailleurs, les échantillons sont collectés le matin et tout de suite analysés au laboratoire l'après-midi. Les analyses des échantillons du lait au laboratoire, les paramètres à analyser sont ; le taux de lactose, le taux de l'eau ajouté, le taux de protéines, le taux de matière grasse, le taux d'extractif non azoté, le taux de sel, le taux du solide total, le pH, la densité, la conductivité électrique, le point de congélation et la température. Une glacière préalablement garnie par des accumulateurs de froid congelé durant la nuit précédente est préparée pour recevoir les échantillons de lait. Ce dispositif permet d'avoir un environnement à 4°C pour le transport des échantillons. Avant de collecter, le lait dans le contenant au niveau de fournisseur est homogénéisé manuellement afin d'assurer que l'échantillon soit représentatif. Ensuite, le volume de ce contenant est enregistré. L'échantillon est ensuite collecté dans un flacon stérilisé et scellé. Le numéro de l'échantillon est marqué sur le flacon puis recopié sur la fiche d'enquête correspondante avant le conditionnement dans le dispositif à 4°C de l'échantillon pour être ensuite acheminés au laboratoire. La collecte des échantillons a duré deux mois (30 mars à 31 mai 2021).

1.4. Analyses des échantillons

Les analyses des échantillons de lait ont été effectuées à l'aide du Lactoscan au niveau du laboratoire du FOFIFA-DRZVP à Ampandrianomby, Antananarivo. Le Lactoscan est un analyseur de chimie moderne adapté à l'analyse de qualité les plus importants dans différents types de lait et de dérivés du lait. Grâce à la technologie ultrasonore utilisée, il est possible d'obtenir une précision dans la mesure quelle que soit l'acidité du lait, tandis que pour la température de l'échantillon on peut utiliser du lait de 5°C à 40°C. Les résultats de l'analyse sont affichés dans les 60 secondes sur l'écran, mais peuvent être transcrit sur papier car le Lactoscan possède une imprimante intégrée. La version utilisée permet d'analyser le lait de vache, de mouton et le lait UHT. Les paramètres à analyser sont ; (i) le taux de lactose, (ii) le taux de l'eau ajouté, (iii) le taux de protéines, (iv) le taux de matière grasse, (v) le taux d'extractif non azoté, (vi) le taux de sel, (vii) le taux du solide total, (viii) le pH, (ix) la densité, (x) la conductivité électrique, (xi) le point de congélation et (xii) la température. Avant chaque analyse, le Lactoscan est préalablement chauffé durant 30 min. Une fois prêt, l'échantillon de lait est versé dans la cuve d'analyse de l'appareil. Durant le remplissage, il ne faut pas que la cuve de réception soit pleine, mais seulement jusqu'à la ligne de sécurité qui est à 1,5 cm du bord. Le volume du contenant au niveau du fournisseur ainsi que le numéro de l'échantillon de lait, sont enregistrés dans l'appareil. Ensuite, l'indicateur COW sur la machine est activé afin de définir que le lait provient d'une vache. Une fois activée, la machine commence à aspirer la quantité de lait dans la cuve pour commencer l'analyse qui va durer environ 60 secondes. Les résultats sont affichés sur l'écran du Lactoscan et à la fois imprimés sur papier. Durant ce temps la quantité de lait aspiré est rejetée par la machine, cela détermine la fin de l'analyse. Cette opération est répétée à chaque échantillon tout en prenant soin de nettoyer le Lactoscan entre chaque analyse. Des protocoles de nettoyage par des solutions acides, alcalines et à l'eau distillées sont disponibles suivant les manipulations (entre chaque analyse, 15 min après la dernière mesure, 55 min après la mise sous tension de l'alimentation de l'analyseur ; à la fin des analyses).

1.6. Traitement des données

Durant les deux mois de collectes, 286 échantillons de lait ont été analysés. Les compléments statistiques des logiciels Excel et XLSTAT ont permis d'effectuer une analyse descriptive des résultats pour déterminer la qualité physico-chimique des laits vendue dans la commune urbaine d'Antananarivo. D'une part, à partir de ces résultats, des analyses de corrélations statistiques entre les différentes variables ont été effectuées pour déterminer s'il existe des liaisons entre la quantité d'eau ajoutée dans les échantillons de lait et les différents résultats d'analyses physico-chimiques. Le coefficient de corrélation va ainsi nous donner des informations sur l'existence d'une relation linéaire entre les variables considérées. Si ce coefficient est négatif, cela indique que les valeurs d'une variable tendent à augmenter lorsque celles de l'autre variable diminuent. D'autre part, une calibration de modèles de prédiction de la qualité du lait a été effectuée. La calibration consiste à élaborer des modèles prédictifs de la qualité du lait par des régressions statistiques entre les valeurs de la densité du lait et des différents paramètres physico-chimiques obtenus par la série d'analyse du lait. Ainsi, à partir d'une simple analyse de la densité, il est possible d'évaluer la qualité nutritionnelle d'un échantillon de lait déterminé. Le modèle a été calibré à partir des 286 échantillons, mais validé par un lactodensimètre sur d'autres échantillons différents de celles qui ont été utilisées pour l'étape de calibration.

2. Résultats d'analyse physico-chimique et discussion

Les résultats d'analyse statistique seront présentés dans ce chapitre qui sont basées sur les données recueillis lors de l'analyse des échantillons du lait à partir du Lactoscan durant la période de recherche.

2.1. Teneur en différent nutriment dans des échantillons du lait analysé

Cette partie représente la généralité du résultat statistique d'analyse physico-chimique des échantillons des laits prélevés (Tableau 1).

Tableau 1 : Statistique descriptive sur la qualité du lait

Statistique	PB (%)	MG (%)	Lactose (%)	ENA (%)	T° (°C)	T°C (°C)	Densité	pH	Solide (%)	Sel (%)	Ajout d'eau (%)	CE
Minimum	0	0	0	0	18,9	-0,64	0	6,39	0	0	0	0
Maximum	4,76	18,04	7,06	12,82	29,33	0	50,41	7,1	22,39	1,03	99,99	18,17
Moyenne	2,38	3,63	3,61	6,56	23,11	-0,4	21,67	6,74	10,19	0,54	23,34	4,58
Variance	0,36	3,9	0,82	2,7	3,17	0,02	32,91	0,02	9,34	0,02	551,07	6,31
Ecart-type	± 0,6	± 1,98	±0,91	±1,64	±1,78	±0,13	±5,74	±0,13	±3,06	±0,14	±23,47	±2,51

PB : Protéine brute

MG : Matière grasse

ENA : Extractif Non Azoté

T° : Température

T°C : Température de congélation

CE : Conductivité électrique

Ce résultat statistique des valeurs nutritives du lait sont représentées graphiquement en box plot. Les protéines, le MG, le lactose et l'ENA sont considérées comme valeurs nutritives essentiels et qui sont représentées dans le graphique. Le box plot ou boîte à moustache est un moyen rapide de figurer le profil essentiel d'une série statistique quantitative. Il résume seulement quelques indicateurs de position du caractère étudié (médiane, quartiles, minimum, maximum, moyenne). Il s'agit de tracer un rectangle allant du premier quartile au troisième quartile et coupé par la médiane. Ce rectangle suffit pour le diagramme en boîte.

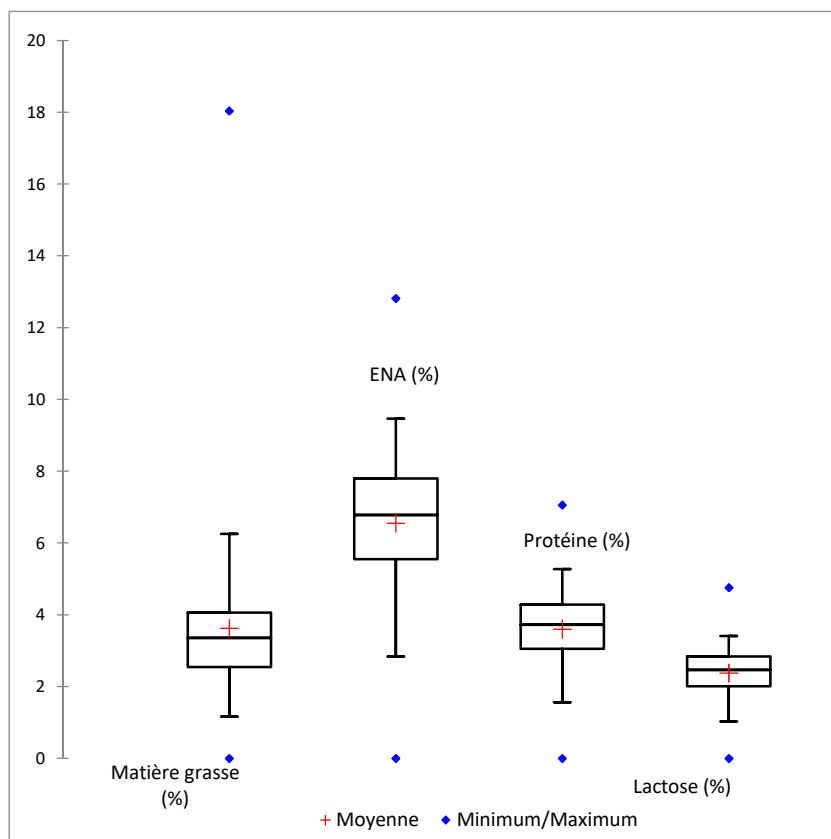


Figure 1 : Présentation graphique des valeurs nutritives du lait analysé (n=286)

Suivant le tableau 1 et la figure ci-dessus qui se représentent les résultats d'analyse nutritionnelle des 286 échantillons de lait.

La plupart d'azote dans le lait se trouve sous forme de protéine qui est composées d'acides aminés. Ces résultats indiquent que la teneur moyenne en protéine est de 2,38% ce qui est légèrement faible par rapport à la norme qui est de 3,4% (Bourgeois *et al.*, 1990). Il y a plusieurs facteurs qui influencent la valeur nutritionnelle du lait dans la région d'Analamanga. La teneur faible en protéine des échantillons du lait analysé dans cette étude est causée par des nombreuses

facteurs ce qui sont probablement liés à la composition de la ration ou à l'alimentation de l'animal. Selon les résultats obtenus par l'analyse physico-chimique des échantillons du lait dans un laboratoire du DRZVP, la teneur en MG du lait vendu au niveau de la CUA est très variable avec une moyenne de 3,63% ce qui est identique aux résultats obtenus par ALAIS C., en 1984.

Cependant, la teneur en MG peut aller jusqu'à une valeur maximum de 6,2 % mais la teneur en MG obtenue dans ce travail de recherche a une valeur aberrante de 18,04% ce qui est probablement causé par l'ajout de MG dans le lait pour attirer l'attention des acheteurs. Cette valeur aberrante en MG fait penser à la présence des échantillons du lait du zébu malagasy lors du prélèvement au niveau des points de vente parce que le taux en MG du zébu malagasy est très élevé et elle dépasse souvent 5% (GUILLERMO., M. 1949). La valeur nutritionnelle de la matière grasse peut varier aussi en fonction des conditions d'élevage.

De même le lactose est un sucre spécifique du lait (Hoden et Coulon ,1991). Mathieu (1999) évoque que le lait contient des glucides essentiellement représentés par le lactose, son constituant est le plus abondant après l'eau. Dans cette étude la teneur moyenne en lactose est de 3,61 % ce qui est un peu faible par rapport à la norme qui est de 4,9 (Bourgeois *et al.*, 1990). A titre d'explication, le lactose est le substrat de fermentation lactique pour les bactéries lactiques (*Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Leuconoctoc* et *Aerococcus*). Ces bactéries se caractérisent par leur aptitude à fermenter le lactose avec production d'acide. Alors que dans cette étude, les échantillons étaient analysés quelques heures après la traite mais ces bactéries peuvent transformer le lactose en acide lactique lors du transport du lait jusqu'à la mise en vente.

L'extractif non azoté (ENA) correspond à l'ensemble de la matière organique auquel on enlève les protéines, les lipides, les fibres, les cendres et l'humidité. Cet extractif non azoté reflète donc à la fois l'amidon et les fibres solubles, ce qui n'est pas très précis, mais permet d'avoir une idée de la proportion. Dans cette étude, la teneur moyenne de l'ENA est de 6,56% ce qui veut dire qu'il est faible par rapport aux résultats de la recherche effectuée par ALAIS en 1984 qui est de 9,2%. Les facteurs qui provoquent la diminution de la teneur en ENA doivent avoir des opinions à la relation environnementale durant le transport du lait jusqu'à l'arrivé au revendeur, ainsi que l'écémage partiel effectué par les revendeurs du lait.

Enfin, ces résultats d'analyses indiquent qu'il y a plusieurs facteurs qui influencent la qualité nutritionnelle des échantillons de laits vendus au niveau de la commune urbaine d'Antananarivo. Les fraudes effectuées par les revendeurs notamment par l'ajout d'eau dans les échantillons témoignent bien la présence de ces facteurs, car 3,84% des échantillons ont été mouillés jusqu'à 99%. Cela indique que ces échantillons ne sont pas du lait, mais sont quand même vendus en tant que tels. Seuls 15,38% des échantillons n'ont pas été mouillés c'est-à-dire du lait pur sans addition d'eau.

2.2. Calibration et modélisation

2.2.1. Corrélation entre les valeurs nutritionnelles du lait

Par rapport à la quantité d'eau ajoutée dans le lait, les synthèses de calcul doivent avoir la relation entre les valeurs nutritionnelles du lait analysé. (Tableau 2)

Tableau 2 : Matrice de corrélation de la qualité du lait

Variables	PB (%)	MG (%)	Lactose (%)	ENA (%)	T (°C)	T°C (°C)	Densité	pH	Solide (%)	Sel (%)	Eau ajouté (%)	CE
PB (%)	1	0,39	1	1	1	-0,87	0,97	-0,44	0,79	1	-0,86	0,22
MG (%)	0,39	1	0,42	0,42	-0,03	-0,52	0,16	-0,32	-0,32	0,45	-0,52	0,18
Lactose (%)	1	0,42	1	1	0	-0,88	0,96	-0,45	0,81	1	-0,87	0,22
ENA (%)	1	0,42	1	1	-0,01	-0,88	0,96	-0,45	0,81	1	-0,87	0,23
T (°C)	-0,01	-0,03	0	-0,01	1	-0,01	0	0,19	-0,02	-0,01	-0,02	-0,16
T°C (°C)	-0,87	-0,52	-0,88	-0,88	-0,01	1	-0,8	0,44	-0,81	-0,89	0,99	-0,31
Densité	0,97	0,16	0,96	0,96	0	-0,8	1	-0,39	0,62	0,95	-0,78	0,19
pH	-0,44	-0,32	-0,45	-0,45	0,19	0,44	-0,39	1	-0,45	-0,45	0,44	-0,1
Solide (%)	0,79	0,87	0,81	0,81	-0,02	-0,81	0,62	-0,45	1	0,83	-0,8	0,24
Sel (%)	1	0,45	1	1	-0,01	-0,89	0,95	-0,45	0,83	1	-0,87	0,23
Eau ajouté (%)	-0,86	-0,52	-0,87	-0,87	-0,02	0,99	-0,78	0,44	-0,8	-0,87	1	-0,32
CE	0,22	0,18	0,22	0,23	-0,16	-0,31	0,19	-0,1	0,24	0,23	-0,32	1

Tableau 2 : Matrice de corrélation de la qualité du lait

PB : Protéine brute

MG : Matière grasse

ENA : Extractif Non Azoté

T° : Température

T°C : Température de congélation

CE : Conductivité électrique

La matrice de corrélation a été utilisée pour évaluer les dépendances entre les différentes compositions des résultats d'analyses physico-chimiques du lait. Les résultats sont présentés dans le tableau 2, contenant les différents coefficients de corrélation entre chaque variable. La matrice de corrélation indique les valeurs de corrélation, qui mesurent le degré de relation linéaire entre chaque paire de variables. Les valeurs de corrélation peuvent être comprises entre -1 et +1 mais effectivement ces valeurs peuvent être supérieures à 0,5. Plus la valeur est proche de 1 ou -1 ou seulement supérieur à 0,5, plus la corrélation entre les paires de variables est élevée. La valeur négative indique que l'augmentation d'une variable cause la diminution d'une autre variable. Ainsi, il a été constaté que la majorité des variables ont une relation linéaire élevée négative avec la quantité d'eau ajoutée dans le lait. Cette corrélation négative sur la quantité d'eau ajoutée est vraiment remarquée sur la diminution de la teneur en ENA ($R = -0,87$), en lactose ($R = -0,87$), en protéine ($R = -0,86$), en sel ($R = -0,87$), en solide total ($R = -0,80$) et en densité ($R = -0,78$). Ainsi, plus la quantité d'eau ajoutée dans les échantillons de lait sont élevés plus la valeur nutritionnelle du lait diminue. La valeur positive montre que l'augmentation d'une variable provoque l'augmentation d'une autre variable c'est-à-dire que la teneur en eau ajoutée dans le lait plus élevée augmente automatiquement une autre variable. Seul le pH et la température de congélation sont les paires de variables effectivement augmentées en teneur avec ($R = 0,99$) pour la température de congélation et ($R = 0,44$) pour le pH. Les mêmes paires de variables sont égales à 1 donc supérieures à 0,5 alors ils avaient une corrélation entre eux.

2.2.2. Qualité du lait en fonction de la quantité d'eau ajoutée

La valeur des éléments nutritifs qui contiennent dans le lait varie en fonction de la quantité d'eau ajoutée. (Tableau 3)

Tableau 3 : Evolution de la qualité du lait en fonction de la teneur en eau

Pourcentage en eau ajoutée	Protéine	MG	Lactose	ENA
0%	3,07	7,44	4,66	8,44
5%	2,92	6,02	4,44	8,04
10%	2,78	5,81	4,21	7,64
20%	2,48	4,18	3,77	6,83
50%	1,59	0,01	2,43	4,41
15%	0,85	0,01	1,31	2,39
99%	0,14	0,01	0,24	0,45
Equation de prédiction	QE-103,69/-33,753	QE-45,582/-6,1272	QE-104,3/-22,381	QE-104,6/-12,39
Corrélation ou R	-0,86	-0,52	-0,87	-0,87

QE : Quantité d'eau

Enfin, une élaboration d'une modèle a été effectuée pour prédire la qualité nutritionnelle du lait en fonction de la quantité d'eau ajouté. L'évolution de la qualité du lait vendu à Antananarivo varie en fonction de la quantité d'eau ajoutée. A 0% d'eau, la valeur nutritionnelle du lait est normale pour la protéine et le lactose. Cependant, la teneur en matière grasse est légèrement élevée. Ceci probablement par la présence dans nos échantillons de lait de zébu malagasy qui ont une teneur élevée en matière grasse. A 99% d'eau, comme dans 3,84% de nos échantillons, il n'y a plus carrément de nutriment dans les échantillons.

Conclusion

Parmi les aliments, le lait occupe une place importante dans la pyramide nutritionnelle de la santé humaine. Il renferme les nutriments de base nécessaire au bon développement de l'organisme pour l'homme. Cependant, c'est un produit facilement falsifiable. Ce travail a permis de déterminer la qualité de laits crus vendus par les revendeurs de lait dans les marchés d'Antananarivo. Il a été démontré que presque la totalité des laits vendus fasse l'objet de fraude, notamment par l'ajout d'eau. L'addition d'eau abaisse les teneurs en divers constituants. Cependant, ce travail est loin d'être exhaustif, ainsi, plusieurs perspectives sont à envisager : comme la création de modèle prédit de la quantité d'eau ajoutée ou de la valeur nutritionnelle du lait à partir de la densité. Il est également indispensable d'élaborer des stratégies pratiques de contrôles sanitaires du lait pour assurer suivi rigoureux en termes d'hygiène de production, de transformation et de distribution. Enfin, il

est judicieux de mettre e place des réglementations en matière de qualité du lait à Madagascar.

Nous tenons à remercier le projet IAEA (International Atomic Energy Agency) et les chercheurs du FOFIFA-DRZVP Ampandrianomby pour la réalisation de cet article.

Bibliographie :

- AMIOT J et *al.*, 2002. Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In VIGNOLA C.L, Science et technologie du lait – Transformation du lait, Ecole polytechnique de Montréal, ISBN : 3-25-29, 482-600.
- AFNOR., 1985. Contrôle de la qualité des produits laitiers-Analyses physiques et chimiques, 3eme édition : 107-121-125-167-251, 128-321.
- ALAIS., C. 1997. Etude des fraudes du lait cru : mouillage et écrémage, Revue de l'Université CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR, Faculté des sciences et techniques, Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires, 5- 80.
- ALAIS., C. 2015. Contraintes de la production laitière en Algérie et évaluation de la qualité du lait dans l'industrie laitière (constats et perspectives), Revue de l'Université d'Oran 1, Faculté des Sciences de la nature et de la Vie département de biologie, 5-62.
- ALAIS., C. 1984 ; Bourgeois et *al.*, 1990. Evolution des caractéristiques organoleptiques, physico-chimique et microbiologique du lait caillé traditionnel, Revue de l'Université CHEIKH ANTA DIOP DE Dakar, Faculté des sciences et techniques, Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires, 3-80.
- ALAIS., C. 1984. Science du lait, Principes des techniques laitières, Editions Sepaic, Paris, France, 13-814.
- ADRIAN et *al.*, 2020. Généralités sur le lait de vache, Revue des Facultés des Sciences de la Nature et de Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, 9-56.
- AMARGLIO., 2013. Appréciation de la qualité physico-chimique du lait frais en rapport avec les pratiques d'élevage dans les élevages autour de la ville de

Kaolack au Sénégal, Revue de l'Université CHEIKH ANTA DIOP DE Dakar, Faculté des sciences et techniques, Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires, 19-72.

- Département ministériel, 2018. La coopération décentralisée du Conseil Départemental d'Ille-et-Vilaine comme vecteur d'aide au développement : illustration à travers l'évaluation externe d'une « filière laitière » à Madagascar, Faculté des sciences Economiques de l'Université de Rennes I, 32-76.
- FREDOT E., 2005. Connaissances des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier : 10-14.
- FILQ., 2002. Science et technologie du lait. Fondation de Technologie Laitière du Québec Inc. Ed, Presses Internationales Polytechnique, Québec, Canada, 28-44.
- GRENON et *al.*, 2004. Généralité sur le lait, Symposium sur les bovins laitiers, Lait de qualité, Revue du Centre de référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec, Une initiative du Comité bovins laitiers, 2-46.
- GUIRAUD J., 2003. Microbiologie alimentaire, Edition DUNOD, Paris, Pp : 136-139.
- GUILLERMO., M. 1949. Le zébu de Madagascar, Revue de l'articles originaux, 85-109.
- KOKIO., 2013. Appréciation de la qualité physico-chimique du lait frais en rapport avec les pratiques d'élevage dans les élevages autour de la ville de Kaolack au Sénégal, Revue de l'Université CHEIKH ANTA DIOP DE Dakar, Faculté des sciences et techniques, Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires, 18-52.
- MATHIEU., J. 1999. Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris : 3-190.
- MATHIEU., 2015. Essai de la mise au point d'un yaourt infantile à base de lactosérum, Revue de l'Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou, Faculté des Sciences Agronomiques, Département de Biochimie et microbiologie, 7-54.
- NEVILLE M.C et JENSEN R., 1995. The physical properties of human and bovine milks In JENSEN R., Handbook of milk composition-General description of milks, Academic Press, Inc: 82, 349-919.
-

- ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE (FAO)., 1998. Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, Collection FAO : Alimentation et nutrition, n°28, ISBN 92-5-20534-6.
- PORCHER., 2020. Généralités sur le lait de vache. Revue de l'Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et de Sciences de la Terre et de l'Univers, Département des Sciences Biologiques, 7-95.
- POUGHEON S., 2001. Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France : 34, 46-102.
- POUEME., 2013. Appréciation de la qualité physico-chimique du lait frais en rapport avec les pratiques d'élevage dans les élevages autour de la ville de Kaolack au Sénégal, Revue de l'Université CHEIKH ANTA DIOP DE Dakar, Faculté des sciences et techniques, Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires, 16-61.
- VIGNOLA., 2016. Etudes comparative de la qualité microbiologique des trois types de lait de vache (lait entier, lait écrémé, lait pasteurisé), Revue de l'Université Abou Baker Belkaid-Tlemce, Facultés des Sciences de la Nature et de Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Département de biologie, 18-64.
- Vuillaume. R. Formule simple permettant un calcul immédiat du taux de mouillage du lait, connaissant la densité et le de la matière grasse. Le lait, INRA Editions, 1942, 22 (214_216), pp.113-122. Hal-00927863

Webographies

- Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation Français, 2016. Contexte agricole et relations internationales, disponible sur : <https://agriculture.gouv.fr/madagascar>. (Consulté le 20 Avril2021).
- MANDIMBIARISOA R., 2020. Filière lait, L'Etat va importer 1 000 vaches laitières, selon le ministre de l'Agriculture, disponible sur <https://www.madagascar-tribune.com> (Consulté le 26 Mars 2021).
- Milkplan Lactoscan, Analyseur chimique de lait - MP Lactoscan, 3e km Route nationale Lagadas-Kolhiko, 572 00 / B.P. 212, Thessalonique, Grèce.

<https://milkplan.com/site/index.php/fr/products/solutions/lactoscan> (Consulté le 14 Mai 2021).

- <https://dokumen.tips/document/chapitre-1-généralité-sur-le-lait.html>. (Consulté le 04 mars 2021).
- https://www.memoireonline.com/10/17/10137/m_Analyse_physico-chimique_et_microbiologique_du_lait_caillé_produit_dans_le_groupement_de_miti_et_c3.html (Consulté le 09 avril 2021).
- ADRIAN et *al*, 2004. Généralité sur le lait, disponible sur <https://bu.umc.edu.dz/theses/agronomie/GI+A6008.pdf>(Consulté le 22 avril 2021).
- <https://agronomie.info/fr/generalités-sur-le-lait> (Consulté le 04 Mai 2021).

FAO., 2012. La production laitière et produits laitiers, Rome. Disponible sur : <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/production-laitiere/fr/#.VHcZKtKq-Fg> (Consulté le 22 avril 2021).