

Qualité physique et nutritionnelle du lait des vaches Borgou nourries avec des pierres à lécher mise au point au Bénin

G. M. AGBO¹, F. DOKUI², S. L. DEDOME¹, C. F. A. SALIFOU³, S. SEIBOU TOLEBA², F. P. TCHOBO¹

(Reçu le 19/07/2023; Accepté le 16/08/2023)

Résumé

Divers facteurs, notamment ceux liés à l'alimentation, conditionnent la disponibilité et la qualité du lait au Bénin. Cette étude a pour objectif d'améliorer la qualité du lait par l'utilisation de pierres à lécher. Elle a porté sur 16 vaches de race Borgou âgées de cinq ans, réparties en quatre groupes: CPL1 (pâturage complémenté - pierre à lécher 1), CPL2 (pâturage complémenté - pierre à lécher 2), CPL3 (pâturage complémenté - pierre à lécher 3) et un témoin CPL0 (pâturage complémenté - tourteaux de coton). Les laits collectés le matin ont servis pour l'évaluation des paramètres physico-chimiques (pH, densité, couleur, acidité titrable, matière sèche, cendres, protéines, lactose, lipides, calcium et phosphore). La densité (1,03 g/cm³) était plus élevée pour le lait CPL3. La teneur en protéines du lait CPL1 (65,3 g/l) et la teneur en lactose du lait CPL3 (20,2 g/l) étaient plus élevées. Le lait CPL0 s'est distingué par son taux de matière grasse élevé (46,8 g/l) ce qui le disqualifierait du point de vue nutritionnel. Les pierres à lécher donnent un lait de meilleure qualité physique et nutritionnelle. Elles sont donc recommandées pour améliorer la qualité de la production laitière au Bénin.

Mots clés: Complément alimentaire, vache, son de maïs, mélasse de canne, qualité physico-chimique, saison sèche

Physical and nutritional quality of milk from Borgou cows fed with lick stones developed in Benin

Abstract

Several factors, including those related to diet, influence the availability and quality of milk in Benin. This study aimed to enhance milk quality through the use of lick stones. Sixteen five-year-old Borgou cows were divided into four groups: CPL1 (supplemented grazing – lick stone 1), CPL2 (supplemented grazing – lick stone 2), CPL3 (supplemented grazing -lick stone 3), and a control group CPL0 (supplemented grazing - cottonseed cake). Morning milk samples were collected to assess physicochemical parameters (pH, density, color, titratable acidity, dry matter, ash, proteins, lactose, lipids, calcium, and phosphorus). Density (1.03 g/cm³) was significantly higher for CPL3 milk. CPL1 milk had a higher protein content (65.3 g/L) while CPL3 milk had a higher lactose content (20.2 g/L). CPL0 milk stood out with a high-fat content (46.8 g/L), which may render it nutritionally unfavorable. Lick stones contribute to improved physical and nutritional milk quality, making them recommended for enhancing dairy production quality in Benin.

Keywords: Feed supplement, cow, corn bran, cane molasses, physicochemical quality, dry season

INTRODUCTION

Les produits laitiers jouent un rôle important dans l'alimentation humaine (Boulefek and Lakehal, 2020). Leur qualité nutritionnelle dépend toujours du lait cru (Sissao *et al.*, 2015). Le lait de vache cru est un aliment à forte valeur nutritionnelle. Il occupe une place importante dans l'alimentation humaine et contribue fortement à l'équilibre alimentaire des populations (Seme *et al.*, 2015). Toutefois, sa disponibilité et sa qualité constituent parfois un frein à sa consommation.

Au Bénin, la filière «lait» a un impact sur le développement agricole compte tenu de sa place sur le plan socio-économique. Il fait partir des piliers de la sécurité alimentaire au plan national. Depuis quelques décennies, la population béninoise inclut de plus en plus dans son régime la consommation des protéines d'origine animale dont le lait et les produits dérivés issus de sa transformation à savoir le Warangachi, le yaourt, le déguê, etc. Ainsi, l'intégration du lait local dans le circuit de la production au niveau des laiteries connaît une évolution encourageante. Son utilisation comme matière première dans la fabrication de nombreux produits dérivés dépend non seulement de sa qualité (souvent instable et douteuse) mais aussi des quantités disponibles (Bachtarzi *et al.*, 2015). Entre 2012

et 2014, la production locale de lait a varié de 104.575.900 à 104.050.090 tonnes pour 12.016.087 à 16.283.500 tonnes pour les importations (DSA, 2022). Cette production reste insuffisante par rapport à la demande de lait et des produits laitiers. Face à ce constat et pour répondre aux besoins croissants de la population béninoise en lait, la production du lait doit satisfaire aux exigences quantitative et qualitative au niveau de la ferme, de l'industrie laitière et pour le consommateur (Sissao *et al.*, 2015). Ainsi, dans le but d'améliorer le rendement du lait afin de faciliter son accès et parfaire sa qualité, trois pierres à lécher ont été fabriquées à partir de sous-produits agricoles et sont proposées par le projet PFCR3/CAPA en complémentation au pâturage naturel. Toutefois, la qualité physique et nutritionnelle des laits produits avec ses pierres reste à déterminer. C'est dans cette optique que cette étude s'est fixé comme objectif général d'oeuvrer à la valorisation des ingrédients locaux dans l'alimentation des vaches Borgou pour contribuer à la sécurité alimentaire et offrir un lait de meilleure qualité. Ceci a permis d'évaluer la qualité physico-chimique du lait de vache issu de la complémentation avec des pierres à lécher fabriquées à bases des ingrédients locaux et de déterminer l'influence des pierres à lécher sur la qualité nutritionnelle du lait ainsi obtenu.

¹ Laboratoire d'Étude et de Recherche en Chimie Appliquée, École Polytechnique d'Abomey-Calavi, Bénin

² Laboratoire de Zootechnie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

³ Laboratoire de Biotechnologie Animale et de la Technologie des Viandes, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Cadre de l'étude

Les laits collectés dans cette étude proviennent de la Ferme d'élevage d'Okpara au cours d'une expérimentation conduite par (Dokui *et al.*, 2022). La ferme d'élevage d'Okpara est située dans la commune de Tchaourou dans l'arrondissement de Kika (2°39-2°53 Longitude Est et 9°6-9°21, Latitude Nord). Elle s'étend sur 33.000 hectares dont 10.000 environ sont exploités (Bio Yessoufou, 2014). Les paramètres physico-chimiques des laits ont été évalués à l'Unité de Recherche en Génie Enzymatique et Alimentaire du Laboratoire d'Étude et de Recherche en Chimie Appliquée de l'École polytechnique d'Abomey-Calavi.

Matériel animal et collecte des échantillons

L'expérience a porté sur 16 vaches Borgou âgées de cinq ans. Elles ont été réparties en quatre groupes de 4 sujets. Les animaux sont conduits au pâturage le matin et complétés le soir avec les pierres à lécher fabriquées à base des ingrédients locaux et le tourteau de coton selon les traitements. Trois traitements alimentaires suivant les trois pierres fabriquées, CPL1 (pâturage complété avec pierre à lécher 1 et tourteaux de coton), CPL2 (pâturage complété avec pierre à lécher 2 et tourteaux de coton), CPL3 (pâturage complété avec pierre à lécher 3 et tourteaux de coton) et un témoin CPL0 (pâturage complété avec les tourteaux de coton) ont été testés. La formule de ces pierres d'après Dokui *et al.* (2022) sont présentées dans le tableau 1.

Des échantillons de lait ont été collectés à raison de deux litres de lait par vache laitière par traitement alimentaire par quinzaine au cours de trois mois d'expérimentation. Les laits du matin ont été collectés dans des bocaux de 250 ml et d'un litre et conditionnés dans des glacières avec de la glace durant tout le transport. Au laboratoire, les échantillons ont été conservés à 4°C. Dès la réception des échantillons de lait, les paramètres physico-chimiques (pH, densité et couleur, acidité titrable, taux de matière sèche, de cendres, de protéines, de lactose, de lipides, de calcium et de phosphore) ont été déterminés.

Mesure du pH

Le pH-mètre préalablement calibré (avec des solutions tampons de pH 7 et 4) est prolongé dans 25 ml de lait prélevés puis la lecture est faite.

Acidité totale

Après détermination du pH, 10 ml du lait sont prélevés auxquels sont ajoutés 90 ml d'eau distillée. L'acidité totale a été déterminée par titration avec du NaOH à N/9 jusqu'au virage rose de l'indicateur coloré. Cette acidité a été exprimée en degré Dornic (°D) où: 1°D représente 0,1 g d'acide lactique dans un litre de lait.

Couleur

La couleur du lait a été prise à l'aide d'un chroma-mètre BCM-810 dans le système trichromatique (L*, a* et b*) conformément aux normes du Comité International d'Éclairage (CIE; L* a* b*). La couleur sur les échantillons de lait a été déterminée selon la méthode décrite par (Ber-

Tableau 1: Formules et composition nutritionnelle des compléments

Ingrédients	Pierre à lécher 1	Pierre à lécher 2	Pierre à lécher 3	Tourteaux de coton
Coquille d'huître	15	12	17,5	-
Chlorure de sodium (NaCl)	13	13	10	-
Son de maïs		15	15	-
Urée	5	5	5	-
Mélasses de canne		5	3	-
Ciment	20	20	20	-
Ocre		3	5	-
Argile		2	2	-
Sol ferreux	10	5	5	-
Garigo	20	0	0	-
Os calciné	12	15	15	-
Phosphate bicalcique	5	5	5	-
Total	100	100	100	-
Composition nutritionnelle				
Matière sèche (%)	73,2	80,3	79,6	86
Matière organique (%)	31,0	31,5	31,8	92,7
Cendre (%)	69,0	68,5	68,2	7,0
Matières azotée totale (%)	13,7	17,7	16,6	19,2
Lipides (%)	3,43	1,22	0,95	33,4
P (g/kg)	0,05	0,05	0,03	-
Ca (g/kg)	25,7	27,4	27,4	-
Mg (g/kg)	49,7	41,8	22,2	-

Source: Dokui *et al.*, 2022

múdez-Aguirre *et al.*, 2009). Le chromamètre a été calibré au préalable avec comme coordonnées de la référence blanche: $Y= 54,10$; $X=0,86$; $y= 5,36$. Environ 50 ml de lait de chaque traitement ont été prélevés et attachés dans des emballages plastiques transparents. Le chromamètre a été posé sur l'échantillon ainsi préparé pour mesurer les indices de couleur L^* , correspondant à la luminosité, a^* l'indice du rouge et b^* l'indice du jaune. Pour chaque mesure, cinq répétitions ont été réalisées.

Densité relative

Une fiole jaugée de 5 ml a été utilisée pour cette mesure. La fiole jaugée bien séchée a été pesée à vide à l'aide d'une balance électronique. Ensuite, elle a été remplie jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée et à nouveau pesée. L'essai a été répété trois fois. La masse de l'eau distillée a été déduite par soustraction de la masse de la fiole à vide de celle totale de la fiole remplie. La même démarche a été suivie pour le lait et l'essai a été répété trois fois. La densité relative du lait a été déterminée par la formule:

$$\text{Densité relative du lait} = (P1'-P0) \text{ aliquote} / (P1-P0)$$

Avec P_0 = poids à vide de la fiole; $P1$ = poids de l'ensemble (fiole + eau distillée); $P0'$ = poids à vide de la fiole (essai lait); $P1'$ = poids de l'ensemble (fiole + lait).

Taux de matière sèche

La teneur en matière sèche a été déterminée en trois répétitions selon la méthode thermogravimétrique pour la détermination de la teneur en eau dans les aliments selon la norme AOAC (Feldsine *et al.*, 2002). Dans une cuve en aluminium préalablement pesée, 10 g de l'échantillon ont été pesés sur une balance électronique à 0,001 près. L'ensemble a été séché à l'étuve à 105 °C pendant 72 heures jusqu'à obtention d'une masse constante. Après séchage, l'ensemble a été refroidi au dessiccateur et pesé. La teneur en matière sèche (MS) de l'échantillon a été déterminée par la formule:

$$MS(\%) = 100 \times (P1-P0)/Pe$$

Soient: P_0 = poids à vide du creuset (g), $P1$ = poids de l'ensemble (creuset + échantillon) après incinération (g) et Pe = poids de l'échantillon (g).

Taux de minéraux

Les cendres totales ont été déterminées par gravimétrie selon la norme AOAC (1990). Cinq grammes d'échantillon ont été pesés dans des creusets (préalablement séchés à l'étuve à 105 °C pendant une heure, puis refroidis dans le dessiccateur jusqu'à température ambiante et repesés). L'ensemble a été mis dans un four où ils ont été chauffés progressivement de 0 à 250 °C. La température fut élevée jusqu'à 550 °C et la combustion complète de l'échantillon se produisit au bout de 24 heures. Les creusets ont été ensuite refroidis au dessiccateur avant d'être pesés. Le pourcentage de cendre totale est calculé selon la formule suivante:

$$TC (\%) = 100 \times (P1-P0)/Pe$$

Avec: P_0 = poids à vide du creuset (g); $P1$ = poids du creuset après incinération (g); Pe = poids de l'échantillon (g).

Dosage des minéraux essentiels

La détermination de la fraction minérale composée du calcium et du phosphore (Ca^{2+} et P^{3-}) a été faite par dosage au

spectrophotomètre d'absorption atomique sur les cendres des échantillons de lait solubilisé. La lecture de la densité optique a été réalisée à 430 nm (AFNOR, 1977).

Teneur en matière grasse

Les lipides totaux ont été extraits par la méthode de Folch *et al.* (1957). Environ 50 g de lait frais sont mélangés à 200 ml de chloroforme et 100 ml méthanol dans un mixer pendant 2 minutes. Le mélange est filtré ensuite sous aspiration et sous azote sur un verre filtré. Environ 200 ml de solvant, chloroforme: méthanol (2:1, v, v), sont ajoutés au résidu pour assurer l'extraction de la totalité des lipides. Le filtrat est transféré dans une ampoule à décanter avec ajout de 0,2 volume de solution de NaCl à 0,7%. Après séparation des deux phases, la phase inférieure est récupérée dans ballon taré puis le solvant est évaporé dans l'évaporation sous l'azote à 50°C pour obtenir la masse de lipides. Trois essais ont été faits pour chaque échantillon de lait. Le résultat est exprimé en pourcentage (%) de matière grasse.

Taux de protéines

Le taux de protéines du lait a été déterminé par la méthode de Biuret. La courbe d'étalonnage est tracée à partir d'une solution d'étalon d'ovalbumine à 10 mg/mL. La dilution d'une gamme de 6 tubes (tubes 1-6) contenant de 2 à 10 mg d'ovalbumine par tube est réalisée. Les tubes expérimentaux qui contiennent une prise d'essai de solution du lait (tubes 7-8) ont aussi été préparés. Un tableau complet de colorimétrie comportant les informations suivantes: N° et composition des tubes, absorbance, quantité et concentration en ovalbumine par tube a été établi. Les Densité Optiques ont été lues à 280 nm. Ce tableau a permis de tracer la courbe d'étalonnage: $A=f$ (quantité de protéines/tube). Le taux de protéines du lait (en g/L) a été déduit à partir de la courbe d'étalonnage.

Dosage du lactose

La teneur en lactose du lait a été déterminée par dosage colorimétrique du lait par la méthode au 3,5-DNS (acide 3,5-dinitrosalicylique). Une gamme de dilution de la solution de lactose à 1 g/L a été réalisée dans six tubes (tubes 1-6) contenant 40 à 200 µg de lactose par tube. Les tubes expérimentaux contenant les différents échantillons de lait ont été préparés au même moment afin que les conditions opératoires soient les mêmes. Dès l'ajout du DNS, les tubes ont été bien homogénéisés et placés au bain-marie à 100°C. La réaction est arrêtée au bout de cinq minutes lorsque les tubes sont placés dans l'eau glacée. Les absorbances ont ensuite été lues à 530 nm. Le tableau de colorimétrie précisant pour chaque tube, la masse de lactose en µg et les absorbances par tube a été établi. La courbe d'étalonnage: $A_{530nm} = f(m \text{ (lactose)})$ a été tracée. Le taux de protéines du lait (en g/L) a été déduit.

Analyses statistiques

Les données ont été synthétisées dans le tableur Microsoft Excel 2013. L'effet du traitement sur les paramètres physico-chimiques et nutritionnels du lait a été évalué en effectuant une analyse de la variance (ANOVA à un facteur) puis la comparaison des moyennes par le test de Student Newman Keuls à l'aide du logiciel R (R Core Team, 2022).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Effet des pierres à lécher sur la qualité physico-chimique du lait

Le tableau 2 présente les caractéristiques physico-chimiques des laits en fonction du traitement alimentaire. Le pH et l'acidité des laits étaient similaires pour tous les traitements et le témoin ($p > 0,05$). Les valeurs enregistrées pour le pH étaient comprises entre 6,6 (CPL2 et CPL3) et 6,7 (CPL0 et CPL1). Les pH obtenus pour les laits dans cette étude sont similaires à ceux enregistrés par Dossou *et al.* (2016) sur le lait des vaches de race Borgou et Borgou-Gir (6, 5 et 6,8 respectivement). Selon ces auteurs, les valeurs de pH ainsi obtenues témoignent de l'état de fraîcheur des échantillons. Cela s'explique par les conditions de conservation maintenue pour les laits durant tout le transport du site de production au laboratoire. L'acidité titrable était comprise entre 15,26 °D (CPL0) et 16,78 °D (CPL2). Ces valeurs obtenues pour les traitements CPL3 et CPL2 sont conformes à la Norme AFNOR (1977) pour le lait de vache (16-18 °D). Le lait des vaches complémentées avec la pierre à lécher 3 a obtenu la densité (1,033 g/cm³) la plus élevée ($p < 0,05$). Par conséquent, ce lait était plus lourd que les autres mais ne respecte pas la norme (1,030-1,032). La luminosité était comprise entre 89,5 (CPL0) et 91,1 (CPL1) et était similaire ($p > 0,05$) pour tous les laits. Des valeurs de luminosité élevées (86,3) ont été obtenues par de Meneses *et al.* (2020) sur le lait cru du Brésil. Cette blancheur du lait est due à la présence des particules colloïdales comme les micelles de caséine capables de disperser la lumière dans le spectre du visible. L'indice du rouge du lait issu des vaches complémentées avec la pierre à lécher 3 était plus faible ($p < 0,05$) que celui du lait des vaches complémentées avec la pierre à lécher 2. Ces deux indices du rouge étaient respectivement similaires ($p > 0,05$) aux autres laits. Les valeurs enregistrées pour l'indice du rouge étaient négatives et montraient que la coloration des laits tendait vers le vert. Les valeurs négatives d'indice du rouge du lait (-7,25) ont été obtenue par de Meneses *et al.* (2020). L'indice du jaune, quant à lui, était similaire ($p > 0,05$) pour

tous les laits. Les valeurs obtenues pour ce dernier étaient faibles et variaient entre 1,80 (CPL1) et 5,68 (CPL2). Cela indique que le lait est un produit d'aspect jaunâtre. Ces résultats sont similaires, par les valeurs supérieures, à ceux enregistrés par Bermúdez-Aguirre *et al.* (2009) (5,68).

Effet des pierres à lécher sur la qualité nutritionnelle du lait

La composition nutritionnelle des laits en fonction du traitement alimentaire est présentée dans le tableau 3. Aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été trouvée pour le taux de matière sèche des laits qui ont varié de 122,6 g/L (CPL2) à 134,6 g/L (CPL1). La teneur en protéines du lait des vaches ayant reçu en complément la pierre à lécher 1 (65,3 g/L) était plus élevée que celle des autres. Concernant la teneur en lactose, celle du lait issu de la complément des vaches avec la pierre à lécher 3 (20,2 g/l) était plus élevée ($p < 0,05$). Le témoin s'est distingué de tous les traitements par son taux de matière grasse élevé (46,8 g/l). Cette valeur est largement au-dessus de la Norme AFNOR (1977) qui a fixé l'intervalle 34-36 g/L pour la matière grasse du lait. Ces résultats s'expliqueraient par l'effet de l'alimentation sur la composition du lait. En effet, le taux élevé de matière grasse enregistré par les témoins pourrait être dû au fait que ces vaches aient reçu, en complément au pâturage, des tourteaux de coton qui sont des résidus d'extraction d'huile. Hormis le lait issu des vaches complémentées avec les pierres à lécher 1 qui a enregistré un taux de gras légèrement au-dessus de la norme (36,6 g/L), tous les autres laits ont enregistré des valeurs comprises dans la marge définie par la Norme. Cette différence observée entre le taux de matière grasse pourrait aussi s'expliquer par la nature des ingrédients utilisés dans la formulation des pierres à lécher servis en complément au pâturage. En effet, le taux de matière grasse est non seulement lié à la teneur en fourrage mais aussi et à la nature des fibres utilisées dans la formulation (Bachtarzi *et al.*, 2015). Il varie suivant l'âge, la race, les conditions climatiques, le stade de lactation et l'alimentation (Seme *et al.*, 2015). Les taux trouvés dans cette étude se rapprochent de ceux

Tableau 2: Caractéristiques physico-chimiques des laits en fonction du traitement alimentaire

Traitement	pH	Acidité (°D)	Densité à 20°C (g/cm ³)	Luminosité	a*	b*
CPL0	6,7 ± 0,1a	15,3 ± 2,56a	1,03 ± 0,01ab	89,5 ± 5,72a	-1,44 ± 5,83ab	5,14 ± 9,35a
CPL1	6,7 ± 0,1a	16,0 ± 1,90a	1,03 ± 0,01b	89,8 ± 3,64a	-3,95 ± 7,30ab	1,80 ± 3,53a
CPL2	6,6 ± 0,2a	16,8 ± 1,64a	1,02 ± 0,01b	89,8 ± 3,44a	1,79 ± 9,65a	5,68 ± 5,27a
CPL3	6,6 ± 0,2a	16,6 ± 2,09a	1,03 ± 0,01a	91,1 ± 2,60a	-4,87 ± 5,53b	3,46 ± 7,61a

CPL0: pâturage complémenté avec pierre à lécher témoin, CPL1: pâturage complémenté avec pierre à lécher 1, CPL2: pâturage complémenté avec pierre à lécher 2 et CPL3: pâturage complémenté avec pierre à lécher 3; a, b sur la même ligne: les valeurs affectées de différentes lettres sont significativement différentes.

Tableau 3: Composition nutritionnelle des laits en fonction du traitement alimentaire

Traitement	Matière sèche (g/l)	Protéines (g/L)	Lipides (g/L)	Lactose (g/l)	Fraction minérale		
					Cendre (%)	Ca (mg/Kg)	P (mg/Kg)
CPL0	129,5 ± 2,15a	61,4 ± 5,34b	46,8 ± 9,63a	17,4 ± 2,94b	0,63 ± 0,24a	1540 ± 12,6a	800 ± 2,18a
CPL1	134,6 ± 1,81a	65,3 ± 5,62a	36,6 ± 12,4b	17,3 ± 3,28b	0,63 ± 0,13a	1305 ± 70a	704 ± 2,21a
CPL2	122,6 ± 1,28a	60,0 ± 3,11b	35,5 ± 10,7b	19,7 ± 2,83ab	0,60 ± 0,13a	1137 ± 2,46a	879 ± 1,12a
CPL3	132,9 ± 1,47a	59,2 ± 3,36b	36,0 ± 6,06b	20,2 ± 2,99a	0,71 ± 0,12a	993 ± 5,35a	693 ± 2,40a

CPL0: pâturage complémenté avec pierre à lécher témoin, CPL1: pâturage complémenté avec pierre à lécher 1, CPL2: pâturage complémenté avec pierre à lécher 2 et CPL3: pâturage complémenté avec pierre à lécher 3; a, b sur la même ligne: les valeurs affectées de différentes lettres sont significativement différentes.

obtenus sur les laits crus dans la région maritime au sud du Togo (39,5 g/L) et de ceux obtenus en saison sèche sur les laits crus prélevés dans des élevages traditionnels de la région de Kaolack au Sénégal (40,0 g/L) (Kalandi *et al.*, 2015). La teneur en cendre, représentant la fraction minérale des laits, a varié de 0,60 (CPL2) à 0,71 % (CPL3). Ce taux était similaire ($p > 0,05$) pour tous les traitements. De même, les teneurs en calcium et en phosphore n'ont pas été influencées par le traitement alimentaire.

CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif de contribuer à la valorisation des ingrédients locaux dans l'alimentation des vaches Borgou pour consolider la sécurité alimentaire et offrir un lait de meilleure qualité. Il ressort de résultats obtenus que les laits des vaches complémentées avec des pierres à lécher présentaient des caractéristiques physico-chimiques similaires au lait des vaches témoins qui avaient reçu des tourteaux de coton en complément. Sur le plan nutritionnel, les teneurs en protéines et en lactose étaient élevées chez les vaches complémentées avec les pierres à lécher, mais avec un taux de matière grasse faible par rapport au lait des vaches témoins. Par conséquent, les laits donnés par les vaches complémentées avec les pierres à lécher étaient de meilleure qualité. En somme, les pierres à lécher donnent un lait de meilleure qualité physico-chimique et nutritionnelle. Elles peuvent donc être recommandées pour améliorer la qualité de la production laitière au Bénin.

RÉFÉRENCES

- AFNOR N. (1977). Statistique et qualité, introduction à la fiabilité. X NF, 06–501. pp.
- Bachtarzi N., Amourache, L. and Dehkal, G. (2015). Qualité du lait cru destiné à la fabrication d'un fromage à pâte molle type Camembert dans une laiterie de Constantine (Est algérien). *Int. J. Innov. Sci. Res.*, 17: 34–42.
- Bermúdez-Aguirre D., Mawson, R., Versteeg, K., Barbosa-Cánovas, G. V. (2009). Composition properties, physico-chemical characteristics and shelf life of whole milk after thermal and thermo-sonication treatments. *Journal of Food Quality*, 32: 283–302.
- Bio Yessoufou A. (2014). Évaluation de la production du lait de vaches Borgou à la Ferme d'Élevage de l'Okpara. EPAC/UAC.
- Boulefek A.O., Lakehal H. (2020). Les caractéristiques physico-chimiques et Organoleptiques du lait de (Vache, Brebis et Chèvre) Mémoire de Master, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.
- de Meneses R. B., Maciel L. F., da Rocha-Leão M. H., Conte-Junior C. A. (2020). Physico-chemical Characteristics of Milk By-Products. *CET Journal-Chemical Engineering Transactions*, 79.
- Dokui F., M. Houndonougbo F., G. Djidda S., P. Houndonougbo V., Gangbedji E., Menon Agbo G., Ludolphe Dedome S., Babatoundé S., Seibou Toleba S., A.A.M. Chrysostome C. (2022). Milk Yield of Borgou Cows Improved with Lick Stones made in Benin. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 11: 424–430.
- Dossou J., Atchouké G.D., Dabadé D.S., Azokpota P., Montcho J. K. (2016). Évaluation comparative de la qualité nutritionnelle et sanitaire du lait de différentes races de vaches de quelques zones d'élevage du Bénin. *European Scientific Journal*, 12(3).
- DSA (2022). Effectifs cheptels et productions. Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage et la Pêche. <https://apidsa.agriculture.gouv.bj>.
- Feldsine P., Abeyta C., Andrews W. H. (2002). AOAC International methods committee guidelines for validation of qualitative

and quantitative food microbiological official methods of analysis. *Journal of AOAC International*, 85:1187–1200.

Folch J., Lees M., Sloane Stanley G.H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226: 497–509.

Kalandi M., Sow A., Guigma W.V.H., Zabre M.Z., Bathily A., Sawadogo G.J. (2015). Évaluation de la qualité nutritionnelle du lait cru dans les élevages traditionnels de Kaolack au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9: 901–909.

R Core Team (2022). R: A Language and Environment for Statistical Computing (R 4.2.0) [Software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>

Seme K., Pitala W., Osseyi G.E. (2015). Qualité nutritionnelle et hygiénique de laits crus de vaches allaitantes dans la région maritime au Sud-Togo. *European Scientific Journal*, 11(36).

Sissao M., Millogo V., Ouedraogo G.A. (2015). Composition chimique et qualité bactériologique des laits crus et pasteurisés au Burkina Faso. *Afrique Science: Revue Internationale Des Sciences et Technologie*, 11: 142–154.