



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Supérieure Agronomique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

Département :
Technologie Alimentaire

القسم :
التكنولوجيا الغذائية

Spécialité :
Nutrition Humaine

التخصص :
التغذية البشرية

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de master

THEME

**Étude de la qualité du lait cru : dosage des éléments traces métalliques
et évaluation des risques à la consommation**

Soutenu publiquement le 07 / 11 / 2023

Présenté par :

BAKIRI Lina

CHARIF Sara

Devant le jury composé de :

Mémoire dirigé par :

Mr. BENCHABANE Ahmed

(Encadreur)

Professeur, ENSA

Mr. MOKHTARI Moussa

(Co-Encadreur)

MRB, CRAPC

Président :

Mr. AMIALI Malek

Professeur, ENSA

Examineurs :

Mme. MERIBAI Amel

MCA, ENSA

SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| INTRODUCTION | 1 |
| PARTIE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE | |
| CHAPITRE I : Généralités sur le lait..... | 3 |
| I.1 Définition du lait..... | 3 |
| I.2 Définition du lait cru..... | 3 |
| I.3 Composition moyenne du lait | 3 |
| I.3.1 Eau..... | 4 |
| I.3.2 Matière grasse..... | 4 |
| I.3.3 Matière azotée | 5 |
| I.3.4 Glucides..... | 5 |
| I.3.5 Minéraux | 6 |
| I.3.6 Vitamines..... | 6 |
| I.3.7 Enzymes | 6 |
| I.3.8 Autres constituants | 7 |
| I.4 Variation de la composition du lait..... | 7 |
| I.4.1 Effet de la race..... | 7 |
| I.4.2 Effet du stade de lactation | 7 |
| I.4.3 Effet de l'âge au premier vêlage..... | 8 |
| I.4.4 Effet d'intervalle entre vêlage | 8 |
| I.4.5 Effet de tarissement | 9 |
| I.4.6 Effet d'abreuvement | 9 |
| I.4.7 Effet de la saison | 9 |
| I.4.8 Effet de l'alimentation..... | 9 |
| I.4.9 Effet de l'état sanitaire | 10 |
| I.5 Caractéristiques physico-chimiques du lait cru | 10 |
| I.5.1 pH..... | 10 |
| I.5.2 Acidité titrable..... | 10 |
| I.5.3 Densité..... | 11 |
| I.5.4 Point d'ébullition..... | 11 |
| I.5.5 Point de congélation | 11 |
| I.6 Qualité du lait cru | 12 |
| I.6.1 Qualité organoleptique | 12 |
| I.6.1.1 Couleur | 12 |
| I.6.1.1 Odeur | 12 |

| | | |
|----------------|---|----|
| I.6.1.2 | Saveur | 12 |
| I.6.2 | Qualité marchande..... | 12 |
| I.6.3 | Qualité nutritionnelle..... | 13 |
| I.6.4 | Qualité microbiologique et hygiénique | 13 |
| CHAPITRE II : | Résidus d'antibiotiques..... | 14 |
| II.1 | Définition d'antibiotiques | 14 |
| II.2 | Définition de résidus d'antibiotiques..... | 14 |
| II.3 | Classification des antibiotiques | 14 |
| II.4 | Causes de présence des résidus d'antibiotiques dans le lait | 15 |
| II.5 | Dangers liés aux résidus d'antibiotiques | 16 |
| II.5.1 | Risques bactériologiques..... | 16 |
| II.5.2 | Problèmes d'allergie | 16 |
| II.5.3 | Problèmes toxiques..... | 17 |
| II.5.4 | Problèmes cancérigènes | 17 |
| II.5.5 | Risques technologiques | 17 |
| II.6 | Règlementation autour des résidus d'antibiotiques | 17 |
| II.6.1 | Limite maximale de résidus | 18 |
| II.6.2 | Dose journalière acceptable..... | 18 |
| II.6.3 | Délai d'attente | 18 |
| II.7 | Méthodes de recherches des résidus d'antibiotiques..... | 19 |
| CHAPITRE III : | Eléments traces métalliques | 20 |
| III.1 | Définition | 20 |
| III.2 | Origine des éléments traces métalliques | 20 |
| III.3 | Propriétés physico-chimiques des éléments traces métalliques..... | 20 |
| III.4 | Classification des éléments traces métalliques | 21 |
| III.4.1 | Métaux essentiels | 21 |
| III.4.2 | Métaux non essentiels toxiques..... | 22 |
| III.5 | Toxicité des principaux métaux | 22 |
| III.6 | Principaux éléments traces métalliques | 23 |
| III.6.1 | Cadmium | 23 |
| III.6.2 | Plomb..... | 24 |
| III.6.3 | Zinc..... | 24 |
| III.6.4 | Fer..... | 24 |
| III.6.5 | Cuivre | 25 |
| III.7 | Contamination du lait cru par les ETM..... | 25 |
| III.8 | Méthodes de dosage | 27 |

| | | |
|---|---|----|
| III.8.1 | Spectrométrie d'absorption atomique (SAA)..... | 27 |
| III.8.2 | Spectrométrie d'émission..... | 28 |
| PARTIE II : DEMARCHE EXPERIMENTALE | | |
| CHAPITRE I : | Matériel et Méthodes | 29 |
| I.1 | Échantillonnage | 32 |
| I.2 | Analyses physico-chimiques | 32 |
| I.2.1 | pH..... | 32 |
| I.2.2 | Acidité titrable..... | 32 |
| I.2.3 | Densité..... | 33 |
| I.2.4 | Extrait sec total..... | 33 |
| I.2.5 | Teneur en matière grasse..... | 33 |
| I.2.6 | Extrait sec dégraissé | 33 |
| I.2.7 | Matières azotés totales et teneur en protéines | 34 |
| I.2.8 | Mouillage..... | 34 |
| I.3 | Détection de présence d'antibiotiques | 35 |
| I.4 | Dosage des éléments traces métalliques | 35 |
| I.5 | Evaluation des apports journaliers et des risques | 36 |
| I.5.1 | Apport journalier estimé..... | 36 |
| I.5.2 | Quotient de risque cible (Target Hazard Quotient)..... | 37 |
| I.5.3 | Indice de danger (Hazard index) | 37 |
| I.6 | Traitement de données | 38 |
| I.6.1 | Analyse qualitative | 38 |
| I.6.2 | Analyse statistique..... | 38 |
| CHAPITRE II : | Résultats et discussion | 39 |
| II.1 | Résultats de l'étude de la qualité physico-chimique..... | 39 |
| II.1.1 | Mouillage..... | 39 |
| II.1.2 | pH..... | 41 |
| II.1.3 | Acidité titrable..... | 42 |
| II.1.4 | Densité..... | 43 |
| II.1.5 | Teneur en protéines | 45 |
| II.1.6 | Matière grasse..... | 46 |
| II.1.7 | Extrait sec total..... | 47 |
| II.1.8 | Extrait sec dégraissé | 48 |
| II.2 | Résultats de détection de la présence des résidus d'ATB..... | 49 |
| II.3 | Résultats du dosage des éléments traces métalliques dans le lait cru..... | 50 |

| | | |
|--------|--|----|
| II.3.1 | Limites de détection et de quantification des appareils de spectrométrie d'absorption atomique..... | 50 |
| II.3.2 | Dosage des différents éléments traces métalliques étudiés..... | 51 |
| II.3.3 | Effet de la technique de minéralisation et de la provenance du lait sur le dosage des éléments traces métalliques..... | 53 |
| II.4 | Evaluation des risques | 54 |
| II.4.1 | Apports en métaux non essentiels toxiques à la consommation du lait cru | 54 |
| II.4.2 | Apports journaliers estimés en métaux essentiels | 55 |
| II.4.3 | Quotient de risque ciblé ou Target Hazard Quotient..... | 56 |
| II.4.4 | Indice de danger ou Hazard Index..... | 57 |
| | CONCLUSION..... | 60 |
| | CONTRAINTES ET PERSPECTIVES..... | 62 |

RESUME

Le lait est un aliment de haute valeur nutritionnelle, contribue de façon significative à couvrir les besoins nutritionnels de l'homme. Notre étude a pour objectif d'examiner la qualité du lait cru collecté auprès de vingt (20) fermes situées dans la région d'Alger centre, en se concentrant sur le dosage des éléments traces métalliques ainsi qu'une évaluation des risques dus à la consommation de cette denrée alimentaire, et la recherche des résidus d'antibiotiques dans les échantillons collectés.

Les méthodes de recherche ont inclus des analyses physicochimiques en utilisant les méthodes de références validées sur les échantillons récupérés et le Lactoscan, la recherche de résidus d'antibiotiques avec le kit DipSensor, et la détection des éléments traces métalliques (Plomb (Pb), Cadmium (Cd), Fer (Fe), Zinc (Zn) et Cuivre (Cu)) avec la spectroscopie d'absorption atomique, deux méthodes de minéralisation des échantillons ont été effectuées (minéralisation sèche et humide) afin de quantifier les éléments recherchés.

Les résultats de cette étude ont montré d'une part, que les laits collectés présentent globalement une composition physicochimique proche des normes, indemnes de résidus d'antibiotiques, et que certains éleveurs optent probablement pour une pratique frauduleuse qui consiste au mouillage du lait. D'autre part, les concentrations de certains éléments traces métalliques tel que le Pb, Cd, Fe et Cu dépassent les limites maximales tolérées. On note également l'existence d'un effet significatif de la technique de minéralisation sur le dosage du Fe et Zn, et l'absence d'effet sur le dosage du Cu et Cd, soulignant l'importance de choisir la méthode d'analyse appropriée pour la recherche de chaque élément dans le lait, ainsi qu'une absence d'effet de l'origine du lait sur le dosage des différents ETM. L'indice de danger (HI) est supérieur à 1, avec un ordre décroissant de Cd, Cu, Pb, Zn et Fe les valeurs respectives sont de 62,75%, 24,13%, 9,93%, 1,95%, et 1,19%. Cette recherche a mis en évidence des préoccupations liées à la consommation du lait cru de vache.

Il est donc d'une grande priorité de prendre les mesures nécessaires afin de réduire ces risques, en améliorant la qualité de l'eau et de l'alimentation du bétail, mais aussi une surveillance attentive et étroite de la composition du lait.

Mots clés : éléments traces métalliques (ETM), lait cru de vache, qualité du lait, détection, quantification, évaluation des risques, spectroscopie d'absorption atomique, indice de danger (HI).

ABSTRACT

Milk, being a nutritionally dense aliment, significantly contributes to cover human nutritional needs. Our study aims to assess the quality of raw milk collected from twenty farms situated in Algiers, focusing on quantifying trace metal elements, evaluating the risks associated with the consumption of this food item, and detecting antibiotic residues in the collected samples.

Research methods included physicochemical analyses using validated reference methods on the collected samples, alongside the use of the Lactoscan. The detection of antibiotic residues was conducted using the DipSensor kit, and trace metal elements (Lead (Pb), Cadmium (Cd), Iron (Fe), Zinc (Zn) and Copper (Cu)) were quantified using atomic absorption spectroscopy. Two digestion methods, dry and wet, were performed to quantify the targeted elements.

The results of our study showed that the collected milk samples generally exhibited a physicochemical composition close to established standards and were free from antibiotic residues. However, it was observed that some farmers might engage in a fraudulent practice of milk (dilution). Furthermore, concentrations of certain trace metal elements such as Pb, Cd, Fe, and Cu exceeded permissible limits. We also noted a significant impact of the digestion technique on the quantification of Fe and Zn, but no effect on the quantification of Cu and Cd, underscoring the importance of selecting the appropriate digestion method for each element. In addition, the origin of milk did not appear to affect the quantification of various trace metal elements. The hazard index (HI) exceeded 1, with the contribution in a decreasing order of Cd, Cu, Pb, Zn, and Fe, with respective values of 62.75%, 24.13%, 9.93%, 1.95%, and 1.19%.

This study highlights concerns to the potential risk associated with the consumption of raw milk. Therefore, it is of great priority to take necessary measures to reduce these risks, including improving the quality of water and cattle food, as well as closely monitoring the milk's composition.

Keywords: Trace Metal Elements (ETM), raw cow milk, milk quality, detection, quantification, risk assessment, atomic absorption spectroscopy, hazard index.

ملخص

الحليب غذاء غني بالمغذيات الأساسية، يساهم بشكل كبير في تلبية احتياجات التغذية البشرية. تهدف دراستنا إلى تقييم جودة الحليب الخام المُجمع من عشرين مزرعة متواجدة في الجزائر العاصمة، مع التركيز على قياس المعادن الثقيلة المتواجدة على شكل آثار، وتقدير المخاطر المرتبطة بتناول هذا المنتج الغذائي الذي يحتوي على هذه العناصر، وكذلك كشف بقايا المضادات الحيوية في العينات المجمعة.

طرق البحث تضمنت تحاليل فيزيوكيميائية باستخدام تقنيات التحليل المرجعية على العينات المجمعة، إلى جانب استخدام جهاز القياس Lactoscan. تم استخدام مجموعة DipSensor لاكتشاف بقايا المضادات الحيوية، وتم قياس العناصر المعدنية الثقيلة (الرصاص (Pb)، الكاديوم (Cd)، الحديد (Fe)، الزنك (Zn)، والنحاس (Cu)) باستخدام تقنية الامتصاص الضوئي للذرات. وقد تم تنفيذ طريقتين لهضم العينات، الجافة والرطبة، لأجل قياس العناصر المستهدفة.

أظهرت نتائج دراستنا أن العينات المجمعة للحليب عمومًا تظهر جودة فيزيوكيميائية قريبة من المعايير وخالية من بقايا المضادات الحيوية. ومع ذلك، لاحظنا أن بعض المزارعين قد يلجأون إلى ممارسة احتيالية من خلال تمييه الحليب. بالإضافة إلى ذلك، تجاوزت تراكيز بعض المعادن الثقيلة مثل الرصاص (Pb)، الكاديوم (Cd)، الحديد (Fe)، والنحاس (Cu) التراكيز القصوى المسموح بها. كما لاحظنا تأثيرًا لطريقة الهضم المستعملة على قياس الحديد (Fe) والزنك (Zn)، ولكن لم يكن هناك أثر على قياس النحاس (Cu) والكاديوم (Cd)، مما يُظهر أهمية اختيار تقنية التحليل المناسبة لكل عنصر مستهدف في الحليب. من جهة أخرى، لم يبدو أن مصدر الحليب يؤثر على تراكيز العناصر المعدنية المختلفة المتواجدة في الحليب. مؤشر الخطر (HI) تجاوزت قيمته 1، بمساهمة وبترتيب تنازلي الكاديوم (Cd)، النحاس (Cu)، الرصاص (Pb)، الزنك (Zn)، والحديد (Fe)، بقيم بلغت على التوالي 62.75%، 24.13%، 9.93%، 1.95%، و 1.19%.

تسلط هذه الدراسة الضوء على الخطر المرتبط بتناول الحليب الخام. لذلك، من الأولويات العالية تنفيذ التدابير اللازمة للحد من هذه المخاطر، بما في ذلك تحسين جودة المياه وتغذية الماشية، ومتابعة دقيقة ومستمرة لتركيب الحليب.

كلمات المفتاحية: قياس العناصر المعدنية الثقيلة المتواجدة على شكل آثار، حليب البقر الخام، جودة الحليب، كشف، قياس، تقييم المخاطر، الامتصاص الذري الطيفي، مؤشر الخطر.